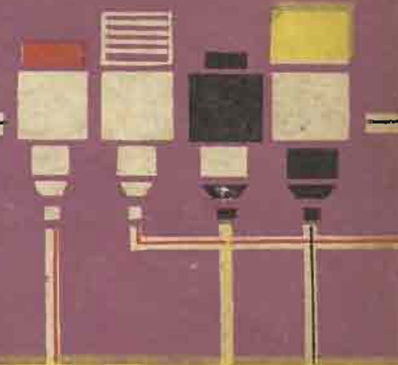






IONESCU ION

IANUȘ PETRE

Instalații electrice în construcții

MANUAL PENTRU LICEE DE SPECIALITATE

ANUL IV

EDITURA DIDACTICĂ

ȘI PEDAGOGICĂ

BUCUREȘTI, 1969

Capitolul 1

INTRODUCERE

Ca urmare a necesităţilor sporite de energie, izvorîte din nevoile mereu crescînde ale societăţii moderne, energia electrică a căpătat o răspîndire care îi conferă în stadiul actual al dezvoltării societăţii un loc de frunte.

Dezvoltarea şi diversificarea rapidă a instalaţiilor necesare producerii, transportului, distribuţiei şi utilizării acestei forme de energie, are la bază avantajele sale deosebite, şi anume : posibilitatea de a fi produsă cu cheltuieli din ce în ce mai reduse, deci în condiţii economice superioare, posibilitatea de a fi transportată mai comod şi cu pierderi mici, la distanţe oricît de mari şi în fine, posibilitatea de a fi uşor şi economic transformată în orice alte forme de energie, ca de exemplu : energie termică, mecanică, luminoasă, chimică etc.

Primele forme de utilizare şi de producere a energiei electrice, au fost legate de curentul continuu, energia produsă fiind distribuită unor consumatori aflaţi la mici distanţe, în zona uzinei care producea energia. În anul 1890 s-a realizat prima instalaţie de producerea şi distribuţia energiei electrice în curent alternativ. De atunci se realizează din ce în ce mai multe asemenea instalaţii şi o dată cu creşterea numărului centralelor electrice, creşte şi puterea lor instalată.

Revoluţia tehnică impune necesitatea interconectării centralelor electrice, în sisteme electroenergetice, capabile să transporte energia electrică la distanţe mari şi să acopere necesităţile mereu crescînde de energie ale unor consumatori tot mai importanţi.

În ţara noastră, în anul 1944, puterea totală instalată în centrale electrice nu depăşea 740 MW, din care efectiv erau folosiţi numai 600 MW. Această putere era produsă de mici centrale, cu puteri sub 1000 kW fiecare ; cea mai mare dintre centralele electrice existente la începutul anului 1945 era centrala de la Grozăveşti, care avea o putere instalată de 20 MW.

Sprijinindu-se pe învăţătura marxist-leninistă, potrivit căreia electrificarea reprezintă o condiţie hotărîtoare pentru succesul construcţiei socialiste, conducerea de partid şi de stat, ţinînd seama de slaba dezvoltare a energeticii din ţara noastră, a înscris problema dezvoltării ei înaintea celorlalte ramuri ale economiei naţionale, ca o sarcină prin-

cipală a politicii sale economice. Începînd din anul 1951 s-au elaborat planuri de electrificare conform cărora au fost construite centralele electrice de la Doicești, Ovidiu, Fîntînele, Paroșeni, Borzești, Comănești, Hunedoara, Bicaz, Aștileu, Moroeni, Sadu etc.

Pînă la sfîrșitul primului plan de electrificare a fost realizată osatura sistemului energetic național, inaugurat apoi la 24 ianuarie 1959, totalizînd 23 000 km de linii de transport și distribuție, din care 2800 cu tensiuni de 110 kV.

La sfîrșitul anului 1965, puterea instalată a tuturor centralelor electrice interconectate în sistemul electroenergetic național atinsese 3500 MW și furniza economiei noastre naționale 17,7 miliarde kWh anual.

În perioada 1960—1965 liniile electrice au atins 95 000 km. Au fost electrificate 7 000 sate; consumul de energie electrică pe locuitor și an, indice sintetic în aprecierea rezultatelor tehnico-economice ale unei economii, ajungea la 925 kWh.

Conform prevederilor planului actual, la sfîrșitul anului 1975, producția anuală de energie electrică în țara noastră urmează să fie de 55—60 miliarde kWh. Din întreaga putere instalată, o însemnată parte va fi distribuită din centralele electrice de termoficare, care vor furniza în același timp 40—45 milioane kcal energie termică.

Consumul de energie electrică va atinge 2 850 kWh/an și locuitor. Pentru a se asigura energia necesară electrificării va fi instalată în perioada 1965—1975, o putere de 10 000 MW, dintre care o primă parte de 4 000 MW va intra în funcțiune pînă la sfîrșitul anului 1970.

În anii 1970—1971, va fi pusă în funcțiune hidrocentrala de la Porțile de Fier, care va asigura pe partea românească, o putere instalată de 1 000 MW și o producție anuală de energie de 5 miliarde kWh.

Pe rîurile interioare ale țării — Lotru, Someș, Sebeș, Olt, Criș, Siret — vor fi construite alte hidrocentrale, totalizînd o putere instalată de 1 500 MW.

La sfîrșitul anului 1975 în Republica Socialistă România se va produce în mai puțin de 12 zile, întreaga energie produsă în țară în anul 1938.

Pentru transportul acestei energii pînă în cele mai îndepărtate colțuri ale țării, în vederea ridicării economice a tuturor regiunilor sale, vor fi executate și date în exploatare 3 000 km de linii cu tensiuni de 220...400 kV și 30 000 km linii de 220...110 kV.

Capitolul 2

PRODUCEREA, TRANSPORTUL ȘI DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE

1. Forme de energie existente în natură

Formele de energie pot fi clasificate în două mari categorii : energie primară, care se găsește în natură sub diferite forme, și energie secundară, obținută printr-un proces tehnic, dintr-o formă primară de energie.

Energia primară se găsește în natură sub următoarele forme : energia chimică existentă în combustibili (cărbuni, gaze, țiței), energia disponibilă a apelor, energia hidraulică — așa-zisul cărbune alb —, energia termică furnizată de Soare, energia disponibilă a vîntului și în ultima vreme energia rezultată din fisiunea atomului.

Din aceste forme de energie primară, prin diferite procese tehnologice, se obține energia electrică care este o formă de energie secundară. În acest scop s-au creat centrale electrice corespunzătoare fiecărui gen de energie primară consumată : centrale termoelectrice, hidroelectrice, atomoelectrice, eoliene (folosind energia vînturilor) etc.

Dintre aceste genuri de centrale electrice, unele au căpătat o largă utilizare (cum sînt cele termoelectrice și hidroelectrice), altele au rămas cu un caracter istoric, foarte puțin aplicate (cum sînt cele eoliene) iar altele cum sînt centralele atomoelectrice au perspective mari de dezvoltare.

Energia obținută în aceste centrale este transformată cu ajutorul transformatoarelor electrice în energie electrică cu parametri ce înlesnesc transportul energiei la mari distanțe, prin linii electrice de transport, în condiții economice și cu randamente ridicate. Ușurința de a se transporta energia electrică la mari distanțe a atras după sine posibilitatea amplasării centralelor electrice în locuri apropiate de sursele de energie primară, disponibile (mine de cărbuni, resurse hidraulice etc.).

2. Centrale termoelectrice

Centralele termoelectrice folosesc ca sursă primară de energie : cărbuni cu putere calorifică mică și medie, gazele combustibile, țițeiul, motorina, benzina etc. Centralele termoelectrice de putere instalată mică

folosesc combustibili cu putere calorifică mare — motorină, benzină, gaze. Ele au costuri de exploatare mai ridicate și de aceea nu au o largă răspîndire. Sînt însă folosite ca centrale de vîrf, funcționînd un număr redus de ore pe an și acoperind anumite vîrfuri accidentale de putere.

Centralele termoelectrice de putere mare, constituie baza obținerii de energie electrică în țara noastră; ele folosesc cărbunii de calitate inferioară. Costul lor de investiții pe unitatea de putere instalată nu este așa de mare ca cel al centralelor hidroelectrice, dar costul energiei obținute în acest gen de centrale este mai mare decît cel obținut în centrale hidroelectrice. Asemenea centrale au un proces tehnologic care este arătat simplificat în figura 2.1. Combustibilul este ars în focarul cazanelor C_z; în cazan, agentul motor, apa se transformă în abur cu temperaturi și presiuni ridicate. Aburul este supraîncălzit mai departe în supraîncălzitorul S_p, de unde cu entalpia ridicată i_1 este trimis prin conductele de transportat abur C_T la turbine. Ajungînd în turbine, aburul se destinde, lovind paletele acestora și imprimînd o mișcare de rotație arborelui turbinei; acesta antrenează generatorul de curent, care începe să debiteze energie electrică. Astfel are loc o dublă transformare de energie: energia termică a aburului este transformată în energie mecanică de rotație la arborele turbinei iar aceasta este transformată apoi în energie electrică. După ce a cedat cea mai mare parte din energie, aburul iese din turbină și trece în condensatorul C_d, unde se răcește și se condensează, pentru a putea fi mai departe vehiculat, cu ajutorul pompelor P_c și P_a și readus la cazanul C_z; se închide astfel circuitul termic al centralei termoelectrice. Apa de răcire este adusă cu o pompă la condensatorul C_d, fie dintr-un rîu sau lac — în circuit deschis — fie dintr-un circuit închis prevăzut cu turnurile necesare pentru răcirea ei.

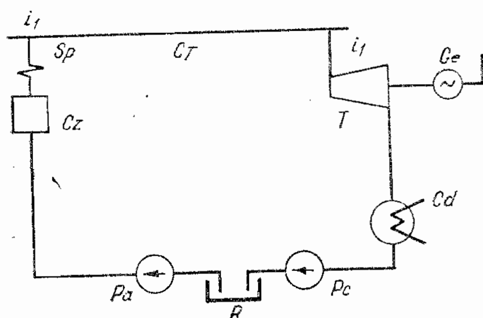


Fig. 2.1. Schema de principiu a unei centrale termoelectrice: C_z — cazan; S_p — supraîncălzitor de abur; C_T — conductă de transport a agentului motor-abur la turbine; T — turbină de abur cuplată pe același ax cu generatorul electric; G_e — generator de energie electrică; C_d — condensator; P_c — pompă de condensat; P_a — pompa de alimentare; R — rezervor de condensat.

Apa de răcire de la aceste centrale poate fi utilizată pentru furnizarea de energie termică (termoficare) consumatorilor industriali sau locuințelor și clădirilor social-culturale.

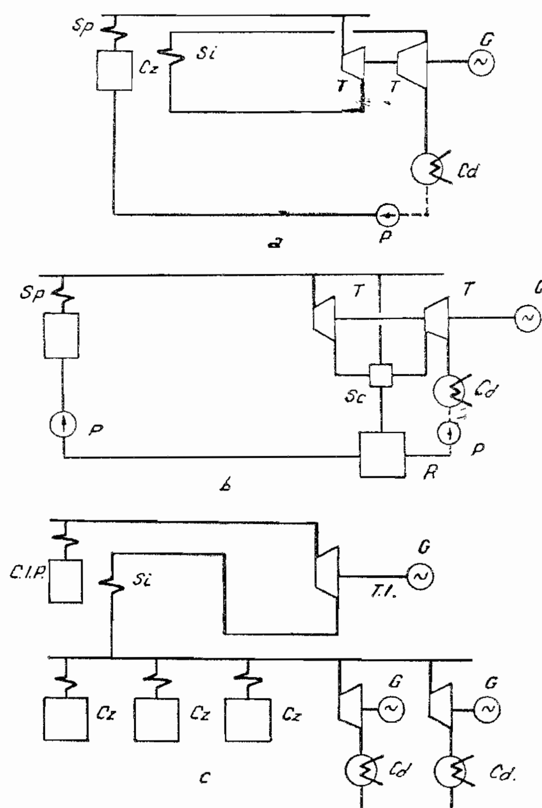
Energia electrică se obține la centralele termoelectrice cu anumite pierderi. Randamentul centralei depinde de randamentele elementelor componente ale întregului ansamblu al instalației. Astfel randamentul cazanului, al conductelor de abur, al turbinelor, al grupului turbo-ge-

nerator, al transformatorului, al circuitului termic, se cumulează și alcătuiesc un randament general, de circa 35%.

Pentru obținerea energiei electrice la un randament cît mai ridicat, cu pierderi cît mai mici de energie, trebuie să se acționeze în vederea îmbunătățirii randamentelor parțiale și în special a randamentului circuitului termic; cu valoarea sa de sub 50%, acesta face să scadă mult randamentul general al centralei termoelectrice.

Termocentrala de la Craiova, construită în anii socialismului are ca parametri inițiali: presiunea la intrarea în turbină 185 ata și temperatura 535°C, fiind echipată cu cazane de 1 020 t abur/oră și cu turbine de 315 MW. Tot în anii socialismului, au fost construite și alte termocentrale foarte mari cum sînt cele de la Borzești, Luduș, Ovidiu, Sîngeorgiu de Pădure, Doicești și acum în urmă București Sud și Deva.

Pentru ridicarea temperaturii și presiunii cu care aburul lucrează în turbine, fără a se ridica aceste valori la cazan, și prin urmare fără a utiliza cazane scumpe, se utilizează supraîncălzirea intermediară a aburului între cazan și turbine. Aceasta se utilizează după schemele din figura 2.2. Avantajele utilizării acestei metode sînt: creșterea randamentului general al centralei și posibilitatea folosirii utilajului existent în centralele ce urmează a se moderniza, reconstrui și extinde, într-o perioadă foarte scurtă.



Rig. 2.2. Scheme de supraîncălzire intermediară a aburului:

a — cu preîncălzire intermediară directă; *b* — cu preîncălzitor de amestec; *c* — cu ciclu suprapus; S_p — supraîncălzitor; C_z — cazan; S_i — supraîncălzitor intermediar; *T* — turbină; *TI* — turbină înaintașă; *G* — generator; C_d — condensator; *P* — pompă; S_c — schimbător de căldură; *R* — rezervor intermediar; *CIP* — cazan de înaltă presiune.

Preîncălzirea generativă a apei de alimentare, se face prin intermediul unor preîncălzitoare P_r instalate în circuitul termic, între condensator și cazan; ridicarea temperaturii apei se realizează cu ajutorul

aburului luat din mai multe prize intermediare ale turbinelor *1, 2, 3*, care sînt de o construcție specială (fig. 2.3). Cu ajutorul acestor preîncălzitoare, apa de alimentare a cazanului ajunge la o temperatură de [illegible]5...220°C.

Producerea mixtă de energie electrică și căldură este o altă metodă pentru creșterea randamentului general al centralei. Centralele de termoficare produc și furnizează consumatorilor energie electrică și energie termică. Energia electrică este produsă de generatoarele antrenate de turbine prevăzute cu prize, iar energia termică provine de la apa de răcire a condensatoarelor, temperatura acesteia fiind ridicată cu ajutorul aburului preluat de la prizele intermediare ale turbinei. Atunci cînd cererea de căldură este mică, centrala electrică de termoficare (CET) funcționează cu un număr redus de cazane și turbine și produce o cantitate mai mică de energie electrică, neacoperind nevoile consumatorilor racordați la ea. Centrala fiind însă interconectată într-un sistem energetic, acesta furnizează energia electrică neacoperită de centrală. Cînd necesarul de căldură este mare iar CET funcționează la întreaga sa capacitate, surplusul de energie electrică rezultat este debitat în sistemul energetic la care centrala este racordată.

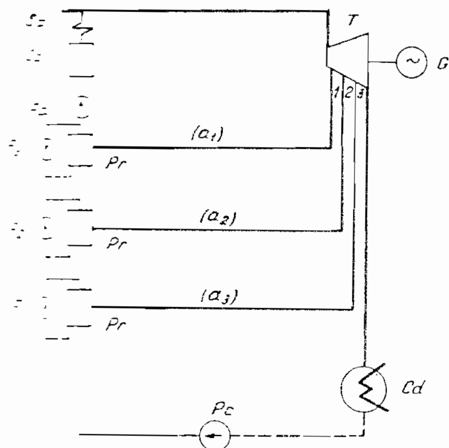


Fig. 2.3. Schema circuitului termic, cu trei preîncălzitoare pentru apa de alimentare:

S — supraîncălzitor; *T* — turbină cu prize intermediare; *G* — generator; C_d — condensator; P_c — pompă de condens; Pr — preîncălzitor; $P_{1,2,3}$ — pompe de condens; P_a — pompă de alimentare a cazanului; C_z — cazan; a_1, a_2, a_3 — debite de abur necesare preîncălzitoarelor apei de alimentare; *1, 2, 3* — prize intermediare de abur în turbină.

În București funcționează centralele electrice de termoficare: CET 23 August, CET Grozăvești, CET Grivița Roșie iar alte centrale în diferite orașe ale țării.

Centrale hidroelectrice

Centralele hidroelectrice folosesc energia disponibilă — cinetică și potențială — a apelor în mișcare, cum sînt cursurile de apă și mareele.

Pentru a se folosi această energie, în scopul transformării ei în energie electrică, se execută amenajările hidraulice necesare; acestea asigură debite constante de apă și presiuni corespunzătoare; aceste amenajări sînt lucrări foarte costisitoare.

După o formulă aproximativă, puterea obținută la arborele unei turbine hidraulice este dată de relația :

$$P_t = 9{,}81\ Q \cdot H \cdot \eta_t$$

unde :

P_t este puterea dată de turbină, în kW ;
Q — debitul de apă ce trece prin turbină, în m³/s ;
H — diferența de nivel dintre cota apei în amonte de centrală și axul turbinei, în m ;
η_t — randamentul turbinei.

După mărimea cursului de apă, amenajările hidraulice pot fi mai mari sau mai mici, existînd în mod obișnuit mai multe tipuri de centrale : cu baraj, cu derivație și mixte.

Barajele se execută din pămînt, anrocamente sau beton armat și au drept scop crearea unui bazin, în care se acumulează apa necesară funcționării centralei. Un baraj, executat sub forma unui dig drept sau concav, închide o vale, ancorîndu-se puternic cu ambele capete în malurile acesteia pentru a suporta presiunea apei.

Bazinele sau lacurile de acumulare se întind pe distanțe mari inundînd porțiuni întinse de teren și necesitînd în acest fel costuri mari de investiție, în vederea amenajărilor hidraulice, a reconstrucției așezărilor ce trebuie evacuate, scoaterii din circuitele agricole a terenurilor etc. Toate acestea sînt însă compensate de avantajele pe care le au aceste amenajări și anume :

— utilizarea energiei hidraulice în scopul obținerii energiei electrice cu un preț de cost scăzut ;

— înlesnirea circulației fluviale — navigație și plutărit — pe porțiunile de rîuri regularizate și pe lacurile de acumulare create ;

— amenajări eficiente pentru dezvoltarea faunei și florei în zonă ;

— crearea unor rezerve de apă rezultate din acumularea apelor de primăvară, ce pot fi folosite pentru irigare și alimentarea unor zone industriale sau a localităților și pentru îmbunătățirea climei ;

— posibilitatea de asanare a regiunilor altădată inundabile și eliminarea calamităților provocate de viiturile de primăvară ;

— amenajări turistice și crearea de zone de agrement.

Amenajările de baraje cu înălțime mică, pot crea lacuri cu compensare zilnică, apa acumulată în cursul zilei, fiind folosită în cursul unei perioade scurte de funcționare. Aceste centrale funcționează numai în anumite ore de vîrf, cînd necesarul de energie electrică este mare și nu poate fi acoperit economic de sistemul energetic la care sînt racordate.

În figura 2.4 se văd principalele amenajări ale unei centrale hidroelectrice. Barajul *2* închide valea, creînd lacul de acumulare *1*. Apa este dirijată prin canalul de aducțiune *3*, prevăzut cu grătare pentru a reține corpurile plutitoare — arbori, crengi etc. Aceste grătare sînt amplasate la prizele de apă aflate la intrarea în canalul de aducțiune.

La celălalt capăt al canalului de aducțiune, la ieșire, apa trece într-un castel de echilibru *4*, care are rolul de a permite liniștirea apei, de a amortiza „loviturile de berbec" (fenomene hidraulice provocate de închiderea și deschiderea vanelor aflate pe canal) precum și de a distribui oarecum uniform apa în conductele forțate *5*. Aceste conducte, exe-

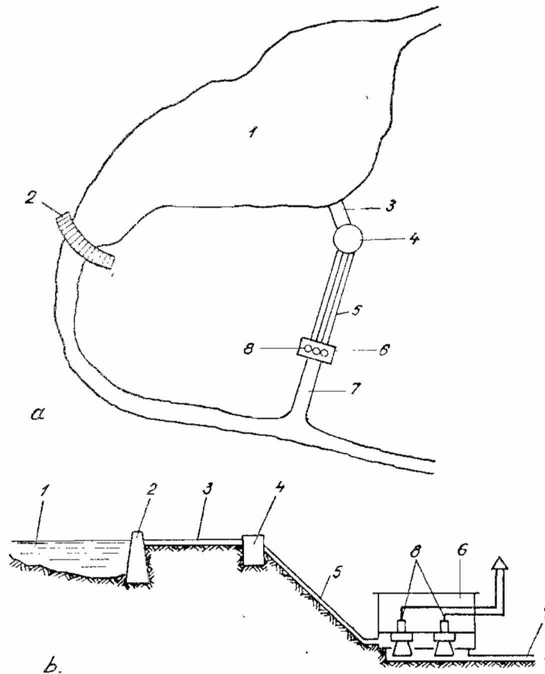


Fig. 2.4. Amenajarea hidraulică cu baraj :
a — plan de situație ; *b* — secțiune (profil) ;
1 — lac de acumulare ; 2 — baraj de beton armat ; 3 — canal de aducțiune ; 4 — castel de echilibru ; 5 — conducte forțate ; 6 — centrala hidroelectrică cu turbine ; 7 — canalul de fugă ; 8 turbinele hidroelectrice

cutate din oțel sau beton puternic armat, sînt astfel calculate încît să reziste și ele la loviturile de berbec. Panta acestor conducte, foarte mare, asigură o mare cădere de nivel astfel că apa ajunsă în centrala *6*, lovește cu putere în paletele turbinelor *8*, ale căror rotoare se învîrtesc și antrenează generatoarele de energie electrică. În acest fel se transformă energia cinetică și potențială a apei, în energie mecanică de rotație și apoi în energie electrică. După ce a cedat cea mai mare parte din energie, apa este evacuată în canalul de fugă *7*, de unde trece în albia cursului de apă.

Centrala poate avea clădirea înglobată în baraj, atunci cînd presiunea apei nu este prea mare, rezultînd o centrală de importanță și

putere nu prea mare; clădirea poate fi însă și separată, amplasată în apropierea barajului, în cazul unor centrale de putere și importanță mare.

În corpul barajului sînt practicate niște deversoare, care asigură scurgerea mai departe a unui debit constant de apă, necesar tuturor așezărilor din aval, cît și la irigare. La căderea apei prin deversor se amenajează un disipator hidraulic, care amortizează căderea apei la picioarele barajului, împiedicînd erodarea fundului.

În corpul barajului, la fundul său, sînt deschideri cu vane, necesare spălării periodice a aluviunilor ce se depun la picioarele barajului. Deschizînd aceste vane, apa trece prin baraj și antrenează cu putere aluviunile, evacuîndu-le în aval, evitînd în acest fel depunerea lor și colmatarea barajului.

Turbinele hidraulice pot fi cu acțiune și reacțiune. Din prima categorie fac parte turbinele Pelton și Banky, utilizate pentru centrale de puteri reduse. Din cea de-a doua categorie fac parte turbinele Kaplan și Francis; prima este utilizată în centrale cu debite mari de apă dar cu căderi mici, cea de-a doua are largă utilizare atît în centrale de puteri mici cît și în centrale de puteri mari.

În țara noastră centralele hidroelectrice cele mai importante s-au construit în anii puterii populare: la Bicaz — hidrocentrala V. I. Lenin — la Argeș, la Sadu și se află în lucru cea de la Lotru și cea de la Porțile de Fier.

4. Centrale atomoelectrice

Pentru obținerea energiei electrice, în centralele atomice se folosește energia existentă în structura internă a atomilor materialelor fisionabile. Prin intermediul reactoarelor nucleare aceasta se transformă în energie termică, care se înmagazinează într-un agent motor, de exemplu abur; acesta se transportă la turbine unde are loc transformarea clasică, de la centralele termoelectrice, în energie mecanică de rotație și apoi în energie electrică. De aceea, se poate considera o centrală atomoelectrică, ca o centrală termoelectrică, la care locul cazanului — deci al generatorului de energie termică — este luat de un reactor nuclear, care în fond are același rol.

Deoarece însă, acest generator în activitatea sa degajă radiații periculoase pentru operatorii ce conduc și supraveghează procesele în asemenea centrale, el a fost realizat într-un mod special, pentru a se asigura protejarea organismelor vii.

Combustibilul folosit în reactoarele atomice în funcțiune, este unul din materiale fisionabile din familia uraniului și a plutoniului, cu izotopii lor radioactivi.

Uraniul, în starea sa naturală este un amestec de izotopi U^{234}, U^{235} și U^{238} în proporții diferite, ponderea predominantă avînd-o U^{238} (99,3%). Cel mai important este însă izotopul U^{235} deoarece prin bombardarea sa cu neutroni se poate dezlănțui o reacție de fisiune în lanț, cu declanșarea puternică a energiei atomice. Prin această reacție în lanț, numărul neutronilor care bombardează se mărește cu neutronii rezultați din reacție, fisiunea luînd proporții din ce în ce mai mari, energia degajată crescînd la rîndul ei vertiginos și fiind însoțită de radiații α, β și γ.

Energia termică obținută se înmagazinează în agentul motor, apă-abur și trece o dată cu acesta înspre turbine sau schimbătoare de căldură.

Cantitatea de energie termică produsă în reactor este foarte mare; astfel, dintr-un kilogram de U^{235} se obține energie termică în cantități de milioane de ori mai mari decît în cazul unui kilogram de cărbune, combustibil obișnuit în centralele termoelectrice.

O centrală atomoelectrică cuprinde: sala reactoarelor atomoelectrice, sala turbinelor, sala schimbătoarelor de căldură, stația electrică și camera de comandă. Caracteristic centralelor nucleare este aceea că prin procesul de fisiune, rezultă și un alt combustibil nuclear, plutoniu Pu^{239}, care poate fi folosit în aceeași centrală sau în altele.

Elementele principale ale reactorului nuclear sînt date în figura 2.5. Barele de uraniu *3*, îmbogățit cu un procent mai ridicat de izotopi U^{235}, sînt dispuse paralel, înglobate în moderatorul *5* care poate fi apă, apă grea, grafit etc., izolate împreună într-o cuvă înconjurată la exterior de un reflector *2*, ce închide zona activă, înăuntrul căreia se desfășoară reacția în lanț. Capsulînd întregul proces de fisiune, ecranul de protecție biologică *1* protejează mediul înconjurător de o iradiere prea puternică și periculoasă.

Procesul de fisiune se reglează cu ajutorul barelor de cadmiu sau bor *4*, care au o mare putere de absorbție a neutronilor; barele acestea pot fi introduse mai adînc sau scoase mai în afară, pentru a regla astfel reacția de fisiune nucleară în lanț, din care rezultă un număr din ce în ce mai mare de neutroni.

Rolul moderatorului este acela de a încetini viteza de deplasare a neutronilor, înlesnind prin aceasta acțiunea de bombardare a nucleelor. Moderatoarele utilizate în reactoarele cu neutroni lenți pot lipsi în cele cu neutroni rapizi.

Reflectorul, care poate fi constituit din aceleași materiale ca moderatorul, are rolul de a reflecta către interiorul zonei active neutronii care tind să iasă în exterior, micșorînd astfel pierderile de neutroni.

Prin canalele practicate în reactor și care traversează zona centrală activă, trece agentul motor *AM* constituit din bioxid de carbon, apă, aer, heliu, mercur sau azot ; acest agent răcește reactorul absorbind energia

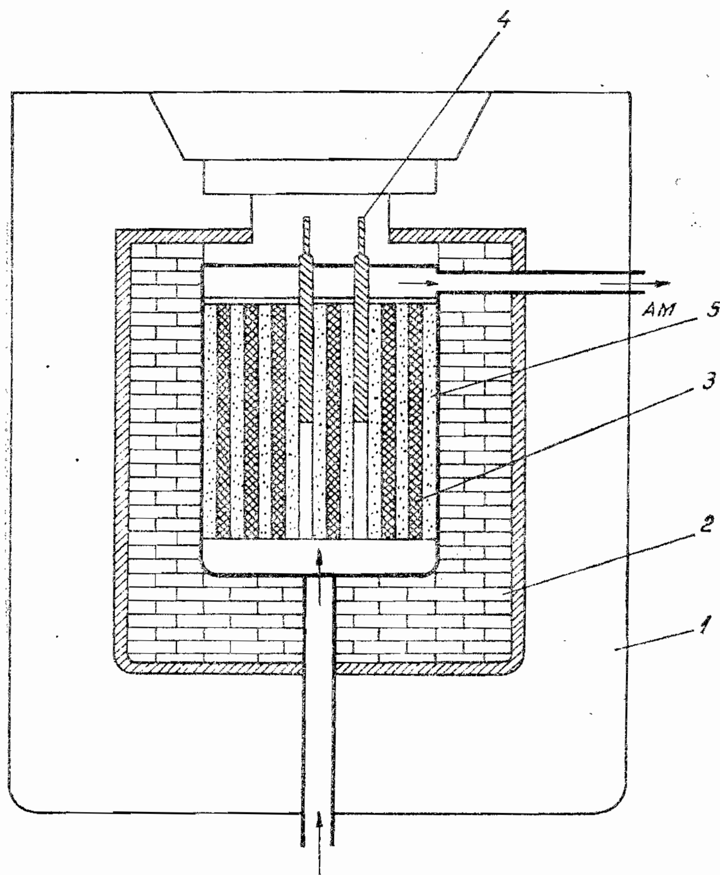


Fig. 2.5. Secțiune printr-un reactor nuclear :
1 — ecran de protecție biologică din beton, fontă, apă ; *2* — reflector de grafit, apă sau apă grea ; *3* — barele de uraniu îmbogățit în U^{235} ; *4* — barele de cadmiu sau bor pentru reglarea reacției de fisiune ; *5* — moderatorul din grafit, apă sau apă grea ; *AM* — agentul motor (bioxid de carbon, azot, apă etc.).

termică rezultată din procesul de fisiune atomică, o înmagazinează și o transportă mai departe către sala schimbătoarelor de căldură, unde o cedează altui agent motor.

Schemele termice ale unor centrale nucleare sînt de mai multe tipuri după natura agenților motori care circulă în reactor și după numărul lor.

5. Producerea energiei electrice în alte feluri de centrale

a. **Centrale eoliene.** Pentru obținerea energiei mecanice de rotație o astfel de centrală folosește energia vînturilor, care punînd în mișcare paletele unei elice de mărime convenabilă antrenează prin intermediul unei axe și al unor pinioane, un generator de energie electrică.

Deoarece folosirea acestor centrale este condiționată de frecvența, continuitatea, tăria și constanța vînturilor, obținerea energiei electrice cu acest gen de centrale este o soluție cu un caracter limitat, fără răspîndire.

b. **Centrale cu motoare Diesel.** Aceste centrale echipate cu motoare cu ardere internă folosind drept combustibil păcura sau țițeiul brut, sînt centrale în care randamentele sînt ridicate dar costul unui kilowatt-oră produs este ridicat. Pe lîngă acest dezavantaj păcura care este un combustibil superior, poate fi utilizată în alte scopuri, cu rezultate economice mult superioare.

Acest fel de centrale se utilizează ca centrale provizorii de șantier sub forma grupurilor mobile sau pentru alimentarea obiectivelor industriale izolate precum și ca centrale de rezervă sub forma unităților fixe ; ele au avantajul că pot intra în funcțiune repede pentru a acoperi la nevoie vîrfuri de consum ; în acest scop sînt conectate în sisteme energetice, dar acționează o durată limitată.

c. **Centrale echipate cu turbine cu gaze.** În figura 2.6 este dată schema de principiu a unei centrale folosind gazele combustibile și funcționînd în circuit deschis. Motorul de pornire *1* pune în funcțiune agregatul compresor *2*, care aspiră aer din atmosferă și îl comprimă trimițîndu-l în camera de ardere *5*, unde ard gazele combustibile ; rezultă gaze de ardere cu temperaturi foarte ridicate. Acestea sînt conduse și se destind în turbina *3*, fiind apoi evacuate în atmosferă ; circuitul de funcționare este de tipul deschis.

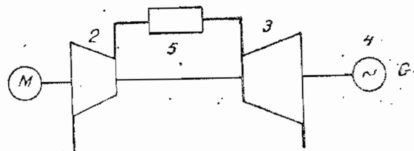


Fig. 2.6. Schema de principiu a unei centrale cu turbine cu gaze, funcționînd în circuit deschis :
1 — motor de pornire ; *2* — compresor ; *3* — turbină de gaze ; *4* — generator de energie electrică ; *5* — cameră de ardere.

O parte a lucrului mecanic produs de turbină se consumă pentru antrenarea compresorului, care în funcționare curentă nu mai este antrenat de motorul de pornire ci de turbină.

Centralele, funcționînd în circuit închis, au în plus un recuperator de căldură pentru gazele care ieșind din turbină intră în compresor. Pe această parte a circuitului termic mai intervine și un răcitor, cu scopul de a asigura gazelor la intrarea în compresor, o anumită temperatură ; în acest fel se îmbunătățește randamentul de funcționare a acestuia.

Principalele avantaje ale turbinei cu gaze sînt : instalație simplă, ocupînd un spațiu redus, randamente ridicate chiar la sarcini reduse, instalație elastică urmărind cererea de energie.

Nu are prea mare răspîndire deoarece pretinde materiale speciale rezistente la temperaturi ridicate pentru construcția paletelor turbinelor, în contact direct cu gazele de ardere la temperaturi ridicate.

6. Exploatarea diferitelor centrale în cadrul sistemului energetic

În Republica Socialistă România, toate centralele electrice au fost interconectate, creîndu-se astfel un sistem energetic. La acest sistem sînt de asemenea legate centrele de consum : orașe, combinate și întreprinderi industriale, unități agricole și comerciale etc.

În cadrul acestui sistem care cuprinde categorii diferite de centrale, se impune adoptarea unor măsuri tehnico-organizatorice de exploatare, pentru ca realizîndu-se indici tehnico-economici superiori, prețul de cost al energiei pe kWh produsă să fie cît mai coborît, iar investiția, folosită judicios, să poată fi recuperată în termen cît mai scurt.

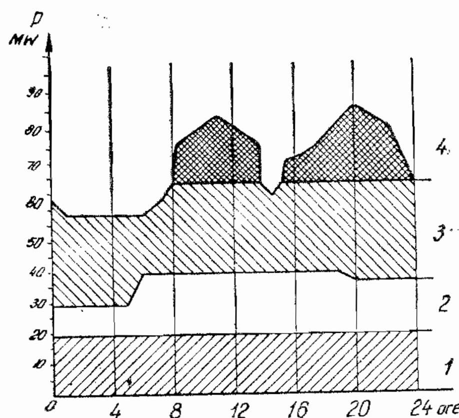


Fig. 2.7. Repartiția economică optimă a puterilor între centralele interconectate într-un sistem energetic :

1 — partea din sarcină preluată de centralele hidoelectrice, fără lac de acumulare ; 2 — partea de sarcină preluată de centrale de termoficare ; 3 — partea de sarcină preluată de centrale hidroelectrice, cu lacuri de acumulare ; 4 — partea preluată de centralele termoelectrice.

Aceste măsuri urmăresc să se obțină un preț de cost optim pentru energie, prin repartizarea judicioasă a puterii cerute centralelor, prin aplatisarea curbelor de sarcină, în scopul măririi numărului de ore de folosire a puterii maxime, printr-un rațional plan de revizii și reparații a utilajului de bază, întocmit astfel încît să se asigure în permanență rezerva de putere necesară acoperirii cerințelor consumatorilor. În figura 2.7 este dată repartiția puterilor între centrale, într-o zi de funcționare a unui sistem energetic, la care sînt interconectate mai multe tipuri de centrale. Din diagramă rezultă că partea întîi este preluată de centralele hidroelectrice fără lacuri de acumulare, care trebuie să funcționeze la puterea maximă pe toată durata zilei pentru a nu se pierde nimic din energia disponibilă a cursurilor de apă respective. Partea a doua a sarcinii este preluată de centralele electrice de termoficare, a căror producție de energie electrică este condiționată de producția de energie

termică ; prin urmare cantitatea de energie electrică produsă trebuie consumată integral căci altfel se pierde. Partea a treia este preluată de centralele hidroelectrice cu lacuri de acumulare, fiind sarcina cea mai mare, deoarece prețul de cost obținut în aceste centrale este cel mai redus și determină astfel, în cea mai mare măsură, scăderea prețului de cost mediu pe întregul ansamblu. Ultima parte este preluată de centralele termoelectrice mari și mici, acestea din urmă funcționînd pe anumite perioade scurte și cu un număr corespunzător de agregate.

O altă măsură tehnico-organizatorică și anume aplatisarea curbelor de sarcină, se realizează prin urmărirea dezvoltării și planificarea funcționării unor consumatori, în orele de gol de sarcină sau cu sarcină redusă. În această categorie intră în special consumatorii sezonieri : instalații de aspersiune și irigații, exploatări locale de agregate pentru construcții etc.

O măsură stimulatorie pentru abonați este tarifarea energiei electrice, cu anumite bonificații, acordate celor care au un consum de energie rațional.

7. Transportul și distribuția energiei electrice

Energia electrică obținută în centralele electrice trebuie să asigure necesitățile energetice ale consumatorilor. Energia electrică trebuie transportată de la centrală pînă la limita de proprietate a consumatorilor.

Consumatorii și producătorii de energie electrică sînt legați între ei, prin căi conductoare de curent. La trecerea curentului prin conductoare, datorită efectului termic, conductoarele se încălzesc ; de-a lungul liniilor au loc pierderi de energie electrică, care se transformă în energie termică, împrăștiată în mediul înconjurător. Această energie pierdută trebuie produsă în centralele respective, peste cea necesară consumatorilor racordați. Energia electrică pierdută trebuie să fie cît mai mică.

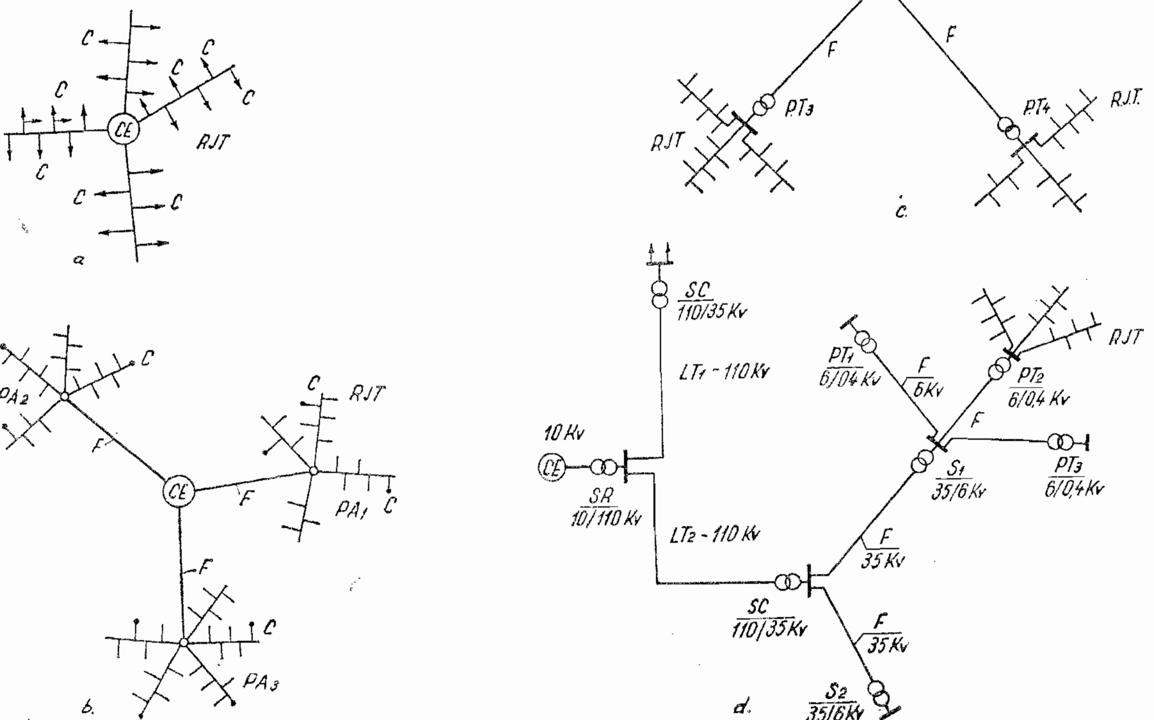
Centralele de putere mică, avînd un disponibil redus de energie, nu pot alimenta consumatori aflați la distanțe prea mari, tocmai pentru a se limita aceste pierderi. În aceste centrale, energia se obține la tensiune joasă și de aceea, ea va fi distribuită consumatorilor aflați pe o rază de cel mult 1000 m prin linii de distribuție de joasă tensiune (fig. 2.8, *a*).

Centrala electrică *CE* aflată în centrul de consum, alimentează consumatorii *C* printr-o rețea simplă de distribuție radială.

În cazul unor consumatori concentrați în anumite sectoare, se poate utiliza o schemă, care cuprinde în distribuția sa radială puncte de alimentare sectorizate, legate de centrala electrică prin linii principale, fără consumatori, numite fideri. Consumatorii sînt alimentați prin rețele simple radiale din punctele de alimentare, așa cum arată schema rețelei de distribuție în joasă tensiune cu puncte de alimentare din figura 2.8, *b*.

Fig. 2.8. Scheme pentru rețele de distribuție, alimentare și transport :

a — schema de distribuție radială, de joasă tensiune ; *b* — schema rețelei de distribuție de joasă tensiune, cu puncte de alimentare ; *c* — schema unei rețele cu posturi de transformare, alimentate prin fideri de 6 kv ; *d* — schema unei rețele cu stații ridicătoare și coborîtoare și cu linii de transport de înaltă tensiune ; *CE* — centrală electrică ; *F* — fideri, linii de distribuție fără consumatori racordați ; *PA* — punct de alimentare de sector ; *PT* — posturi de transformare ; *SC* — stații coborîtoare de tensiune ; *SR* — stații ridicătoare de tensiune ; *S* — stații de transformare ; *LT* — linie de transport de foarte înaltă tensiune ; *RJT* — rețea de joasă tensiune.



Atunci cînd consumatorii se găsesc la distanțe mai mari, schemele cu centrale electrice ce produc energie electrică de joasă tensiune nu mai satisfac necesitățile, pe de o parte din cauza pierderilor de tensiune, care devin prea mari și lasă disponibilă la consumatori o tensiune mai mică decît cea minim admisă și pe de altă parte din cauza pierderilor prin efect termic. În această situație, se utilizează o schemă în care centrala electrică produce energie electrică la tensiune înaltă, de 6 000 sau 10 000 V (6—10 kV). Energia electrică este distribuită prin rețele de fideri la posturile de transformare *PT* aflate fie în incinta consumatorilor (fabrici, instituții, blocuri mari de locuit), fie în centrul de greutate al consumației unei zone (fig. 2.8, *c*).

Transportul energiei electrice pe linii de înaltă tensiune, prezintă avantajul că la aceeași putere instalată, curenții de transport sînt mai mici decît în cazul rețelelor de joasă tensiune și de aceea sînt necesare conductoare cu secțiuni mai mici, iar pierderile, la rîndul lor, sînt mai reduse.

Posturile de transformare realizează transformarea energiei de la tensiunea de 6 sau 10 kV, cu care a fost produsă și distribuită pe fideri, la tensiunea joasă a consumatorilor.

În cazul cînd centralele electrice sînt amplasate în apropierea surselor de combustibili, energia, produsă tot sub tensiunea înaltă de 10 kV, este trecută prin stații ridicătoare de tensiune unde, cu ajutorul transformatoarelor, tensiunea este ridicată ; apoi energia este transportată în condiții economice la foarte mari distanțe, cu pierderi minime. În zonele de consum energia electrică este supusă unei coborîri de tensiune în cascadă, pînă la nivelul tensiunii necesare a consumatorilor (fig. 2.8, *d*).

Energia produsă într-o centrală hidroelectrică, în generatoare de 10 kV, este trecută apoi prin stația ridicătoare *SR*, unde este ridicată la tensiunea de transport de 110 kV. De aici, prin linii de transport de foarte înaltă tensiune LT_1, LT_2 energia electrică este dusă către mai multe regiuni ale țării. La capătul fiecărei linii de transport, există cîte o stație electrică coborîtoare de tensiune *SC* de la 110 kV la 35 kV. De la aceste stații coborîtoare, pornesc linii de distribuție de înaltă tensiune de 35 kV pînă la alte stații *S*, în care se realizează o altă coborîre de tensiune de la 35 kV la tensiunea de 6 kV. Apoi, printr-o distribuție de înaltă tensiune de 6 kV se ajunge la posturile de transformare *PT*, care aduc energia electrică la joasă tensiune.

În toate cazurile arătate, în schemele radiale și arborescente din figura 2.8, energia electrică era furnizată consumatorului dintr-o singură direcție.

Atunci cînd consumatorii sînt de o importanță deosebită, alimentarea trebuie să fie asigurată continuu ; se execută, în consecință, linii de

alimentare de rezervă. În aceste cazuri, schemele radiale sau arborescente, nu mai satisfac și de aceea, se folosesc sisteme de distribuție buclate, ale căror contururi închise permit o alimentare din două sau mai multe direcții. În cazul apariției unui defect pe una din alimentări, în mod automat sau chiar manual, se poate comuta cu ajutorul dispozitivelor speciale, alimentarea pe altă linie.

Marile centrale electrice alcătuind sistemul energetic național sînt astfel legate între ele prin linii de interconexiune, încît există în permanență posibilitatea de transfer de energie dintr-o parte în cealaltă, cu scopul acoperirii unor nevoi accidentale. Aceste linii de transport și distribuție pot fi aeriene sau subterane. Cele mai multe sînt aeriene, deoarece sînt mai ieftine, au o răcire mai bună și permit o densitate de curent (în amperi/mm^2) mai mare. În centrele populate și locuri aglomerate însă, se preferă linii subterane, atît din motive de securitate cît și din motive arhitecturale.

Capitolul 3

CONSUMATORI ŞI SARCINI ELECTRICE

1. Sisteme de curent şi tensiuni nominale folosite

După felul curentului folosit, reţelele electrice se împart în : reţele de curent alternativ şi reţele de curent continuu.

În reţelele de curent, alternativ, conform STAS 930-56, tensiunile nominale între faze, uniformizate în Republica Socialistă România, pentru frecvenţa de 50 Hz, sînt : 380, 500, 3 000, 6 000, 10 000, 15 000, 35 000, 110 000 şi 220 000. Pentru tracţiune electrică şi în alte scopuri speciale se pot folosi şi reţele existente care funcţionează cu alte tensiuni decît cele prevăzute. În instalaţiile miniere pentru extracţia cărbunelui sînt de asemenea permise şi reţele cu tensiunea nominală de 127 V între faze. În cazuri speciale în reţele locale din sisteme energetice regionale existente, în vederea dezvoltării acestora se admite şi tensiunea de 1 000 V între faze, acolo unde ea există. În locurile cu pericol de electrocutare, de exemplu în subsoluri, la lucrări subterane sau în recipiente metalice etc., este obligatorie folosirea unei tensiuni nepericuloase de 12 V, 24 V sau 36 V, cu atît mai mică, cu cît pericolul este mai mare.

În ţara noastră există însă şi reţele funcţionînd şi cu alte tensiuni între faze, în afara celor arătate. Toate tensiunile nominale nestandardizate vor fi desfiinţate pe măsura ivirii posibilităţii, iar reţelele respective sînt trecute la tensiuni standardizate. Aşa de exemplu, în unele cartiere ale municipiului Bucureşti sînt în funcţiune reţele cu tensiunea nominală de 110 V între fază şi conductorul neutru, iar în alte părţi ale ţării continuă să existe şi tensiuni de 208, 315, 5 000, 25 000 şi 60 000 V între faze.

Reţelele trifazate, cu tensiune sub 1 000 V între faze, se execută fie cu patru conductoare — reţele de distribuţie de joasă tensiune de 380/220 V — fie cu trei conductoare, avînd tensiunea între faze de 500 V sau mai mare. Reţelele cu patru fire au trei conductoare de fază, al patrulea fiind conductorul neutru. Ele sînt cele mai folosite, prezentînd mari avantaje economice în exploatare şi investiţie.

În această situaţie, motoarele electrice trifazate se racordează la cele trei conductoare de fază, legîndu-se deci între faze la tensiunea de 380 V, iar lămpile şi alţi consumatori monofazaţi — motoare, reşouri,

frigidere etc. — se leagă între conductoarele de fază și conductorul neutru, deci la tensiunea 220 V.

Rețelele de curent continuu, utilizate mai rar, se folosesc de obicei pentru deservirea unor procese electrochimice, pentru acționări electrice care necesită motoare de curent continuu, pentru încărcarea acumulatoarelor etc.

În practică curentul continuu se obține prin redresarea curentului alternativ cu ajutorul redresoarelor sau cu ajutorul grupurilor convertizoare, centralele electrice de curent continuu fiind tot mai rare.

2. Clasificarea receptoarelor electrice

Orice aparat sau dispozitiv creat pentru a efectua un lucru mecanic sau o operație, folosind energia electrică, pe care o transformă într-o altă formă de energie, se numește receptor de energie electrică. Așa de exemplu, unele receptoare transformă energia electrică în energie mecanică de rotație, cum este cazul tuturor motoarelor electrice, altele în energie chimică, ca de exemplu : băile de electroliză, galvanizare, galvanoplastie etc. Altele o transformă pur și simplu tot în energie electrică, însă cu alte caracteristici decît cea primită.

După felul curentului receptoarele electrice pot fi :

— de curent alternativ : lămpi, motoare, transformatoare etc. ;

— de curent continuu : lămpi, motoare electrice de curent continuu, băi electrolitice etc.

După felul tensiunii receptoarele electrice pot fi :

— de înaltă tensiune — motoare cu tensiune de 5 kV pentru puteri mari ;

— de joasă tensiune — majoritatea consumatorilor ;

— de tensiune redusă : lămpi pentru iluminat de siguranță, unelte și dispozitive speciale pentru lucrul în condiții cu pericol de electrocutare.

După scopul în care sînt utilizate receptoarele pot fi :

— receptoare pentru iluminat ;

— receptoare folosite în telecomunicații : radio, telegraf, telefon etc. ;

— receptoare folosite în transporturi ;

— receptoare generatoare de radiații cu lungimi diferite de undă : aparate electromedicale, de laborator etc. ;

— receptoare folosite în procedee termice — cuptoare termice ;

— receptoare folosite în procedee electrochimice : băi de galvanizare sau galvanoplastie, băi de electroliză, folosite la obținerea pe cale electrochimică a clorului, hidrogenului, oxigenului etc. ;

— motoare electrice folosite la acționarea diferitelor utilaje din industrie, construcții, agricultură etc.

3. Clasificarea consumatorilor de energie electrică

O locuință, un atelier, o întreprindere, un teatru, o fabrică, un combinat etc. este un consumator de energie electrică. Fiecare dintre acești consumatori are o instalație care cuprinde rețelele sale interioare și receptoarele sale de energie electrică. În locuințe, energia electrică este folosită pentru a satisface nevoile celor care ocupă locuința.

O întreprindere, o fabrică, un atelier, consumă energie electrică, cu scopul de a realiza anumite produse, bunuri sociale care sînt realizate pentru a satisface nevoile societății. Acestea ocupă în economia națională o poziție mai importantă sau mai puțin importantă.

Există astfel consumatori foarte importanți, a căror producție ocupă un loc de frunte în economia națională a unei țări, condiționînd la rîndul lor producția unor unități de mai mică importanță. Așa de exemplu, producția unui combinat siderurgic, cum este cel de la Hunedoara, Roman sau Galați, care furnizează tuturor întreprinderilor metalurgice prelucrătoare țagle, laminate, oțeluri etc., este un consumator de energie de cea mai mare importanță. Încetarea alimentării cu energie electrică a unui asemenea consumator, nu numai că împiedică buna desfășurare a producției sale proprii, dar produce perturbații și în activitatea tuturor celorlalte întreprinderi prelucrătoare. Economia națională ar suferi o pierdere mai mare sau mai mică, după timpul de stagnare a producției acestui combinat.

După felul în care trebuie asigurată continuitatea alimentării cu energie electrică, consumatorii se împart în : consumatori de categoria I, de categoria a II-a și de categoria a III-a.

Consumatori de categoria I. În această categorie intră consumatorii cei mai importanți, pentru care întreruperea alimentării cu energie electrică atrage după sine : dezorganizarea producției proprii, perturbări în activitatea de producție a altor întreprinderi, sau chiar a centrelor mari populate, defectări grave ale echipamentului și utilajului industrial, precum și punerea în pericol a vieții personalului operator. Sînt cuprinse în această categorie : marile întreprinderi și combinatele siderurgice (furnale, cuptoare), întreprinderile și combinatele chimice, instalații miniere sau petroliere etc.

Pentru acești consumatori, se aleg asemenea scheme, care să prevadă o dublă alimentare, de la două surse diferite, cu posibilități de comutare automată a alimentării.

Consumatori de categoria a II-a. În această categorie sînt cuprinse unități productive importante, pentru care întreruperea alimentării cu energie electrică atrage după sine stagnarea producției dar nu se periclitează nici viața personalului operator și nici starea echipamentului industrial.

În această categorie intră majoritatea fabricilor prelucrătoare, de încălțăminte, țesături, confecții etc., săli de spectacole sau concerte, instituții sociale, de cultură, de învățămînt etc.

Alimentarea cu energie a acestor consumatori se realizează de la o singură sursă, fiind însă prevăzută o alimentare secundară fie printr-o legătură de rezervă făcută înaintea întrerupătorului general de pe racordul de alimentare, fie printr-o sursă auxiliară de energie, constituită dintr-o baterie de acumulatoare sau dintr-un grup electrogen, atunci cînd această soluție este economică.

Consumatori de categoria a III-a. Această categorie cuprinde consumatori mai puțin importanți, la care întreruperea alimentării nu produce perturbații importante de natură economică sau socială. De asemenea stagnarea alimentării cu energie electrică nu periclitează viața oamenilor. În această categorie intră întreprinderi mici, ateliere, locuințe, cluburi etc.

4. Determinarea puterii instalate și cerute de consumatori

Instalațiile electrice ale consumatorilor cuprind un număr mai mic sau mai mare de receptoare, fiecare dintre acestea avînd un rol bine determinat și ca atare o anumită putere nominală. Această putere nominală stă scrisă pe plăcuța indicatoare a respectivului receptor și este puterea utilă (de ex. puterea dezvoltată la axul motorului).

Totalitatea puterilor receptoarelor alcătuiește puterea instalată a consumatorului, notată în general cu P_i. Astfel, în cazul în care un consumator are un atelier, al cărui iluminat este realizat prin 20 lămpi fluorescente, avînd fiecare cîte 40 W, puterea instalată pentru iluminat P_{il} este :

$$P_{il} = 20 \cdot 40 = 800 \text{ W} = 0{,}8 \text{ kW}.$$

Dacă în acest atelier sînt instalate trei strunguri cu putere instalată de 7 kW fiecare, două freze cu putere instalată de 3 kW fiecare, patru mașini de găurit, avînd fiecare cîte 5,5 kW și două polizoare cu motoare de 1,5 kW fiecare, puterea instalată a atelierului, pentru forță P_{if} este :

$$P_{if} = 3 \cdot 7 + 2 \cdot 3 + 4 \cdot 5{,}5 + 2 \cdot 1{,}5 = 21 + 6 + 22 + 3 = 52 \text{ kW}.$$

Considerînd acum atît iluminatul cît și forța, puterea instalată totală în atelier este :

$$P_i = P_{il} + P_{if} = 0{,}8 + 52 = 52{,}8 \text{ kW}.$$

La rîndul său, fiecare dintre receptoare are un anumit randament, după mărimea, puterea și tipul său, ceea ce duce la un randament mediu pe întregul grup de receptoare, η_1. Pe de altă parte instalația prin care sînt racordate receptoarele, are și ea un randament η_2, determinat de

materialele din care este realizată, de felul în care sînt răcite conductoarele, de starea și felul izolației, de distanța dintre conductoare etc.

Dacă se ține seama de aceste randamente și de puterea instalată P_i sursa trebuie să furnizeze o putere mai mare, dată de formula :

$$P_{furnizată} = \frac{P_i}{\eta_1 \cdot \eta_2}.$$

Într-un proces tehnologic nu este probabil ca toate utilajele și deci toate receptoarele să lucreze în același timp. Se definește un coeficient de simultaneitate, care caracterizează puterea ce funcționează simultan. Acest coeficient de simultaneitate variază, după natura procesului tehnologic, după felul atelierului, după specificul ramurii industriale din care face parte atelierul, după înzestrarea tehnică a acestuia, după natura produselor etc.

Coeficientul de simultaneitate C_s este subunitar și exprimă procentul din puterea instalată care funcționează în același timp ; se exprimă prin relația :

$$C_s = \frac{P_f}{P_i},$$

unde :

P_f este suma puterilor instalate care funcționează simultan ;

P_i — puterea totală instalată.

Unele dintre motoare constituie o rezervă, care intră în procesul tehnologic la o avarie a motoarelor de bază, sau pe durata efectuării reviziilor periodice sau reparațiilor capitale ale acestora. De exemplu, într-o stație de pompare, sînt montate pompe de rezervă care nu funcționează în mod obișnuit.

Acești coeficienți de simultaneitate variază foarte mult și sînt dați în tabele, în funcție de ramura de producție, de genul atelierelor etc.

Pe de altă parte, trebuie să se țină seama că motoarele, chiar dacă sînt în funcțiune, pot să nu fie încărcate la puterea lor nominală, corespunzătoare mersului în plină sarcină. Așa, de exemplu, un strung pornit poate să meargă în gol, în perioadele în care strungarul face verificări dimensionale, repetă cursa de așchiere sau face alte operații. Însuși efortul mașinii variază, deci încărcarea motorului, după natura materialului ce se așchiază, după unghiul de atac al cuțitului etc. De toate acestea se ține seama printr-un coeficient de încărcare C_i, care exprimă gradul de încărcare al motorului :

$$C_i = \frac{P_r}{P_f},$$

unde :

P_r este puterea reală ;

P_f — puterea nominală în funcțiune.

Cu acești doi coeficienți puterea P_c cerută de consumator rețelei publice devine :

$$P_c = C_s C_î \cdot \frac{P_i}{\eta_1 \cdot \eta_2}.$$

Ordonată altfel, aceeași formulă devine :

$$P_c = \frac{C_s C_î}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot P_i .$$

Raportul $\frac{C_s C_î}{\eta_1 \cdot \eta_2}$ se notează cu C_c și se numește coeficient de cerere.

Cum coeficienții de simultaneitate și de încărcare sînt foarte greu de determinat, date fiind condițiile extrem de diferite necesare stabilirii unei aprecieri cît mai apropiate de realitate, din activitatea practică a fost mai ușor să se determine valori globale pentru coeficientul de cerere. Astfel, au fost întocmite, pe baze statistice și pentru valori medii, tabele cu coeficienți de cerere, care pot fi găsiți în literatura de specialitate.

Metoda coeficientului de cerere este aplicabilă în întreprinderi ale căror secții productive au un număr mare de motoare de putere relativ redusă.

Pentru întreprinderile în care motoarele au puteri mari, prin metoda coeficientului de cerere se obțin rezultate nu întotdeauna juste. În acest caz se utilizează o metodă bazată pe doi coeficienți stabiliți și ei statistic, dar cu posibilități de compensare.

În acest caz puterea cerută de consumator se obține cu relația :

$$P_c = b \cdot P_i + c\, P_{ik},$$

unde :

b și c sînt coeficienți luați din tabela 3.1 ;

P_i — puterea instalată totală ;

P_{ik} — puterea instalată într-un număr k din motoarele cele mai mari din atelier sau întreprindere. Valoarea indicelui k este 3...5 motoare.

Așa cum rezultă și din tabela 3.1, coeficienții b și c stabiliți statistic, pe baza experiențelor practice, țin seama de felul atelierului sau întreprinderii, de felul și volumul producției, de tehnologia aplicată în producție, de seria produselor etc.

De aici se vede că valoarea coeficientului b scade o dată cu scăderea volumului producției și cu scăderea tehnicității procesului tehnologic.

Același lucru se poate spune și despre coeficientul c.

Tabela 3.1

Valorile coeficienților *b* și *c* pentru diferite categorii de consumatori

		b	*c*	cos φ de calcul
Dispozitive de acționare individuală a mașinilor-unelte pentru prelucrarea metalelor	Atelier de prelucrare la cald a metalelor, cu o producție de mare serie, pe bandă	0,26	0,50	0,65
	Ateliere de prelucrare la rece a metalelor, cu o producție de mare serie, pe bandă	0,14	0,50	0,50
	Ateliere de prelucrare a metalelor cu producție de serie mică și individuală	0,14	0,40	0,50
Ventilatoare, pompe, grupuri motor-generator, transmisii		0,65	0,25	0,80
Mecanisme de transport continuu		0,40	0,40	0,75
Macarale (în funcție de putere) raportate la $D_A = 25\%$	Săli de cazane, ateliere de reparații și de montaj, ateliere mecanice	0,06	0,20	0,50
	Ateliere de turnătorie	0,09	0,30	0,50
	Laminoare	0,18	0,30	0,50

La stabilirea puterii P_{ik}, se aleg dintre toate motoarele instalate un număr de 3—5 motoare, care avînd cea mai mare putere proprie instalată, constituie receptoarele individuale cu cel mai mare consum de energie. Aceste receptoare solicită la pornire puteri și curenți mari.

Exemplul de calcul 3.1. Un atelier industrial de prefabricarea instalațiilor are o secție de lăcătușărie dotată cu patru polizoare cu motoare de 1,7 kW, 4 prese cu motoare de 4,5 kW, două grupuri de sudură cu putere instalată de 10 kW, patru aeroterme de 0,6 kW, două mașini de găurit cu motoare de 4,5 kW și alte două cu motoare de 3 kW, două pompe cu motoare de 2,8 kW fiecare, două strunguri cu motoare de 7 kW fiecare. Atelierul are o producție de serie mică de articole tehnice necesare șantierelor. Factorul de putere de calcul este cos φ = 0,58.

Cum dispozitivele de acționare a mașinilor unelte sînt individuale, atelierul se încadrează între ateliere de prelucrare a metalelor cu producție de serie mică și individuală ; din tabela 3.1 rezultă valorile : $b = 0{,}14$ și $c = 0{,}4$.

Se aleg, pentru determinarea puterii P_{ik}, 4 motoare cu puterea cea mai mare. Acestea sînt: 2 grupuri de sudură de 10 kW și 2 strunguri a 7 kW. Cu acestea puterea cerută va fi:

$$P_{ik} = (2 \cdot 10) + (2 \cdot 7) = 34 \text{ kW}$$

$$P_c = b \cdot P_i + c\, P_{ik} = (0{,}14 \cdot 81{,}8) + (0{,}4 \cdot 34) = 25{,}1 \text{ kW}$$

5. Determinarea consumului de energie

Consumul de energie în ateliere și uzine, pe o anumită perioadă de funcționare, se determină pe baza consumului specific.

Cu ajutorul acestui indice, se poate aprecia măsura în care instalațiile sînt exploatate economic, putîndu-se analiza acest lucru, comparativ cu alte unități similare. Reducerea consumului specific atrage după sine economii importante în exploatare, determinînd o importantă economie la prețul de cost. În același timp o parte din energia electrică poate fi folosită pentru producerea unor bunuri suplimentare.

Energia consumată pentru a produce un volum oarecare de bunuri X este exprimată matematic printr-o formulă simplificată:

$$W = a + bX;$$

unde:

W este energia consumată;

a și b — constante pentru unitatea respectivă;

X — cantitatea de bunuri produse.

Aceeași expresie mai poate fi scrisă și astfel:

$$\frac{W}{X} = W_o = a\frac{1}{X} + b\,.$$

W_0 este raportul dintre energia consumată și valoarea producției obținută cu această energie, adică energia consumată pe unitatea de produs — deci consumul specific de energie.

Pentru ca acest consum specific să fie cît mai mic, există din punct de vedere matematic, mai multe posibilități:

— producția obținută X trebuie să fie cît mai mare, în care caz, consumul specific de energie W_0 va fi cît mai mic (X este la numitorul primului termen, $a\frac{1}{X}$);

— constanta a trebuie să fie cît mai mică în cazul păstrării constante a termenului b;

— constanta b trebuie să fie cît mai mică.

Constanta a este o parte a consumului de energie, a secției sau unității respective, independentă de volumul de produse obținut. Ea însumează consumul de energie la mers în gol al utilajelor W_g, consu-

mul de energie pentru regimuri nestaționare, W_m (încălziri ale căptușelii cuptorului electric după o perioadă de nefuncționare, energia necesară accelerării maselor în mișcare rotativă, ca universale de strung etc.) și consumurile serviciilor auxiliare W_s (iluminat, încălzit, ventilație etc.). Deci :

$$a = W_g + W_n + W_s .$$

Reducînd la minimum mersul în gol, organizînd rațional producția, fluxurile tehnologice, aprovizionarea etc., se poate acționa pentru scăderea termenului a.

Valoarea constantei b este dependentă de volumul de produse ce trebuie obținut, fiind proporțională cu energia ce se consumă pentru obținerea acestora. Acest termen se poate micșora, prin alegerea unor regimuri tehnologice raționale, cu randamente ridicate, prin economia materialelor și a lucrărilor cu mare consum de energie.

Volumul producției X constituie principalul element care determină scăderea masivă a consumului specific de energie W_0. Cu cît volumul producției X este mai mare, cu atît se micșorează consumul specific. Acest lucru reiese din însăși formula matematică a acestuia :

$$W_0 = \frac{W}{X} .$$

În consecință, luînd toate măsurile de a mări volumul producției, păstrînd constantă energia consumată sau chiar micșorînd-o, consumul specific se micșorează.

Consumul de energie se mai poate calcula și pe baza consumului specific, concretizat în indici de consum specific aproximativi ; acești indici sînt dați în literatura de specialitate pe specific de industrie. În tabela 3.2 sînt dați indicii de consum specific pentru anumite produse.

Tabela 3.2

Indici de consum specific de energie

Industrie	kWh pe kg de produs	Industrie	kWh pe kg de produs
Filaturi de bumbac	1,45	Topitorie de fontă veche	0,65— 0,80
Țesătorii de bumbac	1	Furnal înalt electric	2,00— 2,25
Fabricarea mătăsii artificiale	5	Fabricarea oțelului special de scule	1,1 — 1,8
Fabricarea hîrtiei	1,5 —2	Topirea aramei	0,2 — 0,35
Măcinarea grîului	0,05 —0,07	Topirea bronzului	0,3 — 0,45
Ghiață artificială	0,046	Topirea plumbului	0,2 — 0,35
Pielărie	0,4 —0,5	Fabricarea carbidului	9 —10
Cherestea (pe m^3)	10	Fabricarea aluminiului	30

Cunoscîndu-se consumul specific W_0 (luat din tabele) și producția X în unitățile caracteristice ramurii industriale respective, se poate aprecia cantitatea de energie consumată cu formula :

$$W = X \cdot W_0 .$$

Exemplul de calcul 3.2. Într-un atelier mecanic există două mașini de găurit cu motoare de 2,2 kW, trei strunguri cu motoare de cîte 5,5 kW fiecare și trei prese cu motoare de cîte 7 kW. Iluminarea atelierului se realizează prin 10 lămpi electrice de 300 W fiecare. Să se calculeze puterea cerută de acest atelier, ținîndu-se seama de coeficientul de cerere la instalația de forță C_{cf}, care este egal cu 0,6 iar la lumină C_{cl} cu 0,9.

Puterea instalată în instalația de forță este :

$$P_{if} = (2 \cdot 2{,}2) + (3 \cdot 5{,}5) + (3 \cdot 7) ;$$

$$P_{if} = 4{,}4 + 16{,}5 + 21 = 41{,}9 \text{ kW}.$$

Ținînd seama de C_{cf}, puterea cerută pentru forță va fi :

$$P_{cf} = C_{cf} \cdot P_{if} = 0{,}6 \cdot 41{,}9 = 25{,}14 \text{ kW}.$$

Puterea instalată pentru iluminat este :

$$P_{il} = 10 \cdot 0{,}3 = 3 \text{ kW}.$$

Puterea cerută pentru iluminat, ținînd seama de C_{cl}, este :

$$P_{cl} = C_{cl} \cdot P_{il} = 0{,}9 \cdot 3 = 2{,}7 \text{ kW}.$$

Puterea totală cerută pe atelier pentru forță și lumină este :

$$P_{ct} = P_{cf} + P_{cl} = 25{,}14 + 2{,}7 = 27{,}84 \text{ kW}.$$

Acest atelier intră în categoria atelierelor de prelucrare a metalelor cu producție de serie mică și individuală, cu dispozitive de acționare individuală a mașinilor. Deci, dacă se calculează puterea necesară pe baza coeficienților, atunci :

$$b = 0{,}14 \text{ și } c = 0{,}4 \text{ și}$$

$$P_{if} = (2 \cdot 2{,}2) + (3 \cdot 5{,}5) + (3 \cdot 7) = 41{,}9 \text{ kW}.$$

Considerînd cele mai mari motoare cele de 7 kW și 5,5 kW și luînd dintre acestea trei motoare de 7 kW și două motoare de 5,5 kW se obține :

$$P_{ik} = (2 \cdot 5{,}5) + (3 \cdot 7) = 32 \text{ kW}.$$

În această situație :

$$P_{cf} = b \cdot P_{if} + c \cdot P_{ik} = (0{,}14 \cdot 41{,}9) + (0{,}4 \cdot 32)$$

$$P_{cf} = 6 + 12{,}8 = 18{,}8 \text{ kW}.$$

Rezultă deci că, în prima situație, unde metoda de calcul a folosit coeficientul de cerere $C_{cf} = 0{,}6$, a rezultat o putere cerută de 25,14 kW, pe cînd în cea de a doua situație, puterea rezultată a fost de 18,8 kW, mai mică decît în prima situație.

Aceasta se explică prin faptul că acest coeficient de cerere de 0,6 este prea mare : valoarea de 0,45 este mai apropiată de realitate, deoarece numărul motoarelor fiind mic, simultaneitatea probabilă în funcționare este mai mică.

6. Tarifarea energiei electrice

Întreaga cantitate de energie electrică livrată consumatorilor este înregistrată la punctul de alimentare al fiecăruia, cu ajutorul contoarelor electrice.

Evidența cantităților de energie electrică este necesară, înainte de toate, pentru decontarea costurilor energiei, între întreprinderea de exploatare a rețelelor publice, care furnizează energia electrică și consumatorul care folosește energia înregistrată.

Evidența cuprinde atît energia activă cît și energia reactivă, care pentru tarifare este tot atît de importantă ca și prima, îndeosebi pentru aplicarea penalizărilor (majorărilor) sau a bonificațiilor. Majorările sau bonificațiile se acordă în funcție de factorul de putere ce se realizează în instalația consumatorilor. Majorarea se aplică pentru un factor de putere mai mic decît cel fixat de întreprinderea furnizoare de energie și de normativele în vigoare, care este cos $\varphi = 0,75$, iar bonificația, pentru realizarea unui factor de putere mai mare decît acesta.

Pentru o grupă de consumatori, evidența energiei livrate are și o altă semnificație. Întreprinderea furnizoare livrează energia pe baza unor planuri de producție aprobate. Evidența energiei electrice trebuie să asigure posibilitatea unui control asupra respectării condițiilor fixate de întreprinderea furnizoare.

Evidența, care are ca scop determinarea cantității de energie livrată consumatorilor, pe baza căreia se face decontarea costurilor, se numește evidență de calcul.

Locul de instalare a contoarelor destinate măsurărilor se fixează de către întreprinderea furnizoare în conformitate cu „Prescripțiile pentru proiectarea și executarea coloanelor de alimentare cu energie electrică a blocurilor de locuințe“ și cu Normativul I.7—68 privind instalațiile electrice (de utilizare) pînă la 1 000 V, în construcțiile civile și industriale.

Pentru îmbunătățirea factorului de putere, cu scopul de a evita penalizările, se folosesc măsuri tehnico-organizatorice, precum și anumite mijloace, cum sînt condensatoarele statice.

Notînd cu W_a indicația contorului de energie activă pe o durată anumită, de exemplu, o lună, și cu W_r, indicația contorului de energie reactivă în același interval de timp, factorul mediu de putere pe intervalul de timp ales este :

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}$$

Majorările sau bonificațiile se aplică costului energiei pe perioada măsurată.

Capitolul 4

ALIMENTAREA REȚELELOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE LA CONSUMATOR

Transportul energiei electrice la distanță se face la tensiuni cu atît mai mari, cu cît distanța și puterea transportată este mai mare.

Alimentarea consumatorilor cu energie electrică la tensiuni foarte înalte nu este practic posibilă. În consecință, apare necesitatea coborîrii tensiunii, cu una sau mai multe trepte, coborîre ce se realizează cu ajutorul transformatoarelor, montate în stații sau posturi de transformare. În afara transformatoarelor sau altor echipamente electrice pentru transformarea energiei, în posturile de transformare există și instalații de distribuție, de comandă și instalații auxiliare.

Alimentarea sigură și continuă cu energie electrică depinde de alegerea corectă a unei scheme potrivite pentru alimentarea consumatorului, de numărul și de amplasarea posturilor de transformare, de schema lor de comutare, de alegerea metodelor și a echipamentului de protecție a elementelor postului etc.

Schemele de distribuție și alimentare se aleg în funcție de importanța consumatorilor. De exemplu, pentru consumatorii din prima categorie, este necesar a se alege acele scheme, care pentru asigurarea unei alimentări continue, au prevăzute circuite de rezervă, folosindu-se, de asemenea, și scheme speciale cu conectarea automată a rezervei.

După sursa de energie la care se racordează consumatorii există două mari categorii de alimentare :

— alimentarea de la o centrală electrică proprie, care poate furniza energie numai consumatorului respectiv sau poate fi și interconectată într-un sistem energetic ;

— alimentarea din rețelele publice de distribuție, exploatate de întreprinderi speciale.

Întreprinderile se alimentează dintr-o centrală proprie numai atunci cînd nu există posibilitatea racordării la un sistem energetic, sau atunci cînd procesul său tehnologic necesită mari cantități de abur industrial. În acest caz este mai economic și deci justificat, să se construiască o centrală electrică proprie de termoficare, racordată la sistemul energetic.

În general, interconectarea centralei proprii într-un sistem energetic, are avantaje foarte mari, permițînd o exploatare mai rațională a acesteia, în condiții mărite de siguranță și de continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorului.

Cea mai generală însă dintre soluții este aceea a alimentării consumatorilor din rețelele publice, numărul acelor care au centrale proprii fiind mult mai mic.

În ceea ce privește distribuția interioară la consumator, alegerea soluției trebuie să țină seama de repartiția teritorială a receptoarelor și legat de aceasta de densitatea sarcinii.

De obicei, se poate alege soluția cu o distribuție interioară de joasă tensiune, atunci cînd întinderea suprafeței ocupată de consumator și deci de receptoare nu este prea mare (de exemplu 1...3 km^2) și la densități de sarcină, ce nu depășesc 300 kVA pe 1 km^2.

Cînd densitatea sarcinii distribuite depășește această valoare și în același timp consumatorul ocupă o suprafață mai mare, atunci distribuția cu curent de joasă tensiune nu mai este satisfăcătoare. Pierderile de energie (și de tensiune) crescînd prea mult, o dată cu acestea crește și consumul de metal pentru conductoare, care trebuie să aibă secțiuni mai mari pentru ca pierderile de tensiune (deci de energie) să fie mici. În această situație este recomandabilă alegerea unei distribuții cu curent de înaltă tensiune (6 ; 10 sau chiar 15 kV).

Alegerea tensiunii în rețeaua de distribuție interioară mai depinde de procesul tehnologic, de mărimea puterii motoarelor și implicit de tensiunea acestora. Astfel în normativul I.7—68 se prevede că pentru puteri peste 200 kW se folosesc motoare de înaltă tensiune.

În figurile ce urmează sînt date scheme de alimentare cuprinzînd soluțiile cu centrală proprie sau cu alimentare din sisteme energetice.

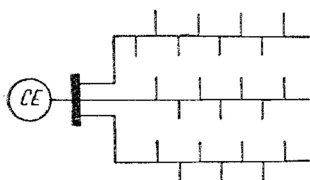


Fig. 4.1 Consumator racordat la centrala electrică proprie de joasă tensiune.

Consumatorul care nu ocupă o suprafață mare și nu este de categoria I și a II-a, se alimentează dintr-o centrală proprie, legată la rețeaua sa de distribuție de joasă tensiune (fig. 4.1). Centrala electrică este echipată cu mai multe generatoare cu tensiuni de 0,5 kV, unele dintre acestea funcționînd, altele fiind în rezervă, în revizie sau reparație capitală.

Această soluție, astăzi, cînd în țara noastră există un sistem energetic foarte dezvoltat, este utilizată din ce în ce mai rar și numai pentru alimentarea unor consumatori izolați, imposibil de racordat în sistemul energetic ; alimentarea aceasta este o soluție temporară, cu o durată limitată.

În figura 4.2 este arătată schema de alimentare a unui consumator de la o centrală electrică proprie, echipată cu generatoare de înaltă tensiune de 6...10 kV, avînd stație de transformare proprie SDP, în care se realizează o coborîre a tensiunii de la 6...10 kV, la 0,4/0,23 kV, tensiunea

rețelei de distribuție la care este racordată stația centrală de distribuție. În centrală tabloul general este prevăzut cu două secțiuni *1*, legate între ele cu o cuplă *2*, fiecare secțiune primind cîte un racord de alimentare. Stația poate funcționa cu un racord de alimentare, celălalt fiind în rezervă ; toate receptoarele celeilalte secții sînt alimentate din secția al

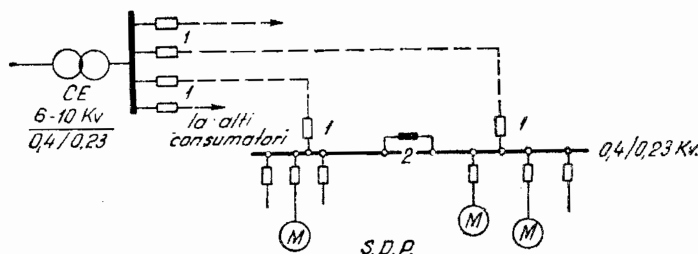


Fig. 4.2. Consumator alimentat de la o centrală electrică proprie cu generatoare de înaltă tensiune, prin două racorduri de alimentare și sistem propriu de bare secționat cu cuplă :

1 — întrerupător automat în stația proprie și la tabloul general ; *2* — cupla ; *M* — motoare electrice ; *SDP* — stație de distribuție proprie ; *CE* — centrala electrică.

cărui racord este în funcție. În cazul scurtcircuitului pe un racord, se comută alimentarea pe celălalt. În cazul scurtcircuitului pe secție, este întreruptă numai funcționarea secției de bare defecte. Centrala poate debita energie electrică și altor consumatori sau și sistemului energetic. Schema reprezintă o siguranță sporită în alimentarea față de cea de la figura 4.1.

În figura 4.3 se arată alimentarea unui consumator racordat la două centrale proprii de înaltă tensiune ; fiecare centrală îl alimentează prin cîte o linie în joasă tensiune. Siguranța și continuitatea alimentării este mai mare.

În figura 4.4, *a* se arată o schemă de alimentare a unui consumator, dintr-un sistem energetic existent. Alimentarea se face printr-o linie *3*, prevăzută cu întrerupătoarele *2* și *4* atît în stația sistemului, cît și în postul de transformare de la consumator *5*.

În cea de a doua variantă (fig. 4.4, *b*) s-a înlocuit întrerupătorul *4* din postul de transformare *5* cu un separator de sarcină *6*, deoarece în cazul defectărilor, atît ale fiderului de alimentare *3* cît și ale echipamentului postului, declanșează întrerupătorul *2* al stației sistemului, asigurîndu-se în orice caz limitarea avariei ; în acest fel se face și o economie în investiție, întrerupătorul fiind mult mai scump decît un separator de sarcină.

În figura 4.5 stația de distribuție a consumatorului *SDC* este legată la sistemul energetic prin doi fideri F_1, F_2 dintre care unul de rezervă ; acesta poate asigura astfel o continuitate sporită a alimentării față de schema cu un fider, utilizată la consumatorii de mică importanță.

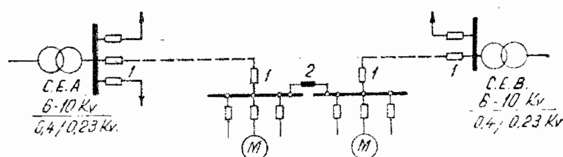


Fig. 4.3. Consumator racordat la două centrale electrice proprii de înaltă tensiune :
CEA și *CEB* — centrale electrice de 6/10 kV cu transformator de la 6...10 kV la 0,4/0,23 kV.

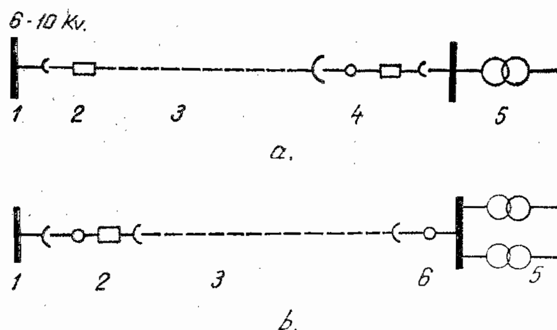


Fig. 4.4. Schema de alimentare dintr-un sistem energetic, pentru consumatori de mică importanță :
a — varianta cu întrerupătoare ; *b* — varianta cu separator de sarcină ; *1* — barele stației regionale ; *2* — întrerupător automat în stație ; *3* — linie de alimentare (fider) de 6 kV ; *4* — întrerupător la consumator ; *5* — postul de transformare al consumatorului 6 kV/0,4 kV ; *6* — separator de sarcină.

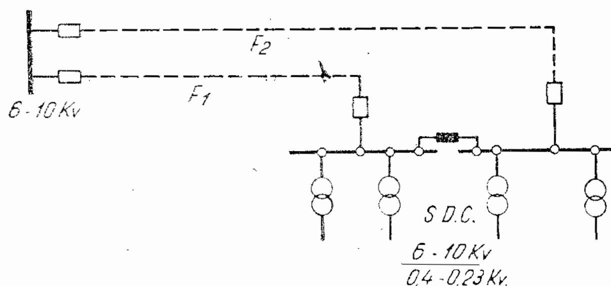


Fig. 4.5. Consumator important, racordat prin două linii de alimentare de 6...10 kV, din sistemul energetic :
SDC — stație de distribuție la consumator ; *1* — cuplă ; F_1, F_2 — fideri de alimentare.

În figura 4.6 este arătată schema unui consumator racordat prin două linii de alimentare, în sistem buclat, la un sistem energetic existent. Potrivit acestei scheme, toate posturile de transformare ale consumatorului, de această dată mult mai mare și mult mai important, sînt legate între ele și cu stația centrală de distribuție a sistemului *SCD* printr-o linie buclată de înaltă tensiune. Fiecare capăt al liniei principale de

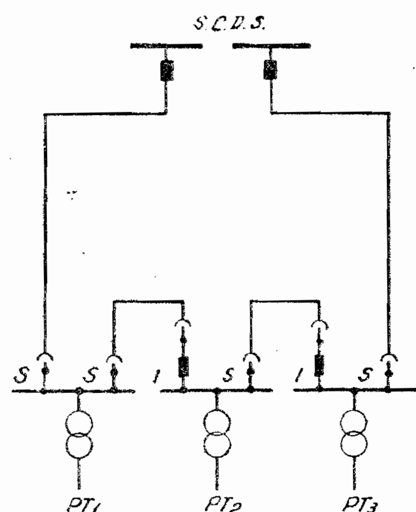


Fig. 4.6. Schema de alimentare a unui consumator prin două linii în sistem buclat :

SCD — stație centrală de distribuție ; *I* — întrerupătoare în posturile de transformare ; *S* — separatoare de sarcină ; PT_1, PT_2, PT_3 — posturi de transformare din diferite ateliere.

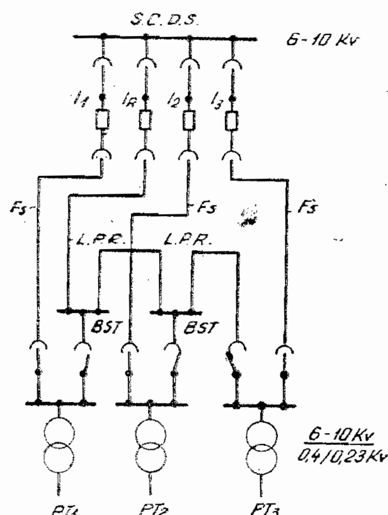


Fig. 4.7. Schemă de alimentare avînd linia principală de rezervă :

SCD — stație centrală de distribuție ; *PT* — post de transformare ateliere ; *LPR* — linie principală de rezervă ; *FS* — fideri de serviciu ; *BST* — bare speciale de transfer ; I_1, I_2, I_3 — întrerupătoarele de pe fiderii de serviciu F_S ; I_R — întrerupătorul liniei principale de rezervă.

înaltă tensiune este legat la secții diferite de bare ale *SCD* prin întrerupătoare în ulei. În vederea ieftinirii schemei este indicată folosirea liniei buclate fără întrerupătoare, prevăzîndu-se în locul lor, separatoare.

În figura 4.7 se arată schema de alimentare avînd linie principală de rezervă. Rezultă din această schemă că fiecare post de transformare este alimentat printr-un fider de serviciu F_s de înaltă tensiune, de la stația centrală de distribuție *SCD*. Linia principală de rezervă *LPR* se leagă la barele colectoare speciale de transfer *BST*, conectate cu barele postului prin separatoare. Linia principală de rezervă care, de obicei, este deconectată, se conectează la apariția unei avarii pe unul dintre fiderii de serviciu.

Figura 4.8 reprezintă schema de alimentare cu energie, cu două linii principale separate și cu o linie principală comună, de rezervă.

Principiul acestei scheme este acela că ea prevede mai multe cabluri de alimentare, fiecare dintre acestea alimentînd un număr restrîns de posturi de transformare. În schema 4.8 cablul *1* alimentează posturile trafo PT_1, PT_2, PT_3, iar cablul *3*, posturile PT_4, PT_5, PT_6 și PT_7. Rezerva se realizează printr-o linie principală comună, cablul *2*, ce se introduce în toate posturile, prin bare colectoare speciale, prevăzute cu separatoare deschise.

La avaria unuia dintre cele două cabluri de alimentare (*1* sau *3*), cablul defect se separă prin acțiunea întrerupătorului aflat în *SCD*. Se cuplează mai întîi separatoarele de pe racordul de rezervă — cablul *2* — la toate posturile ce se alimentau din fiderul defect, după care se anclanșează întrerupătorul cablului *2* — rezervă — în *SCD*. În felul acesta, posturile primesc tensiunea din linia de rezervă.

În figura 4.9 este dată schema radială cu anclanșare automată a rezervei (AAR), în care fiecare post de transformare este alimentat din circuite și secții diferite de bare. La apariția unui defect pe unul din fiderii de alimentare *A* sau *B*, întrerupătorul secției I_A sau I_B declanșează și, la comanda automată a AAR, întrerupătorul cuplă *3*, anclanșează, restabilind alimentarea prin fiderul bun.

AAR este un sistem complex și automat de relee, acționînd în caz de defect asupra întrerupătoarelor, cu scopul de a conecta pe cele aflate în rezervă, comutînd astfel alimentarea pe racordul aflat în rezervă. Elementul de pornire este comandat fie de protecția racordului principal, fie de contactele auxiliare ale întrerupătorului racordului principal, fie de un element principal — de exemplu releu de tensiune minimă — aflat pe barele asigurate.

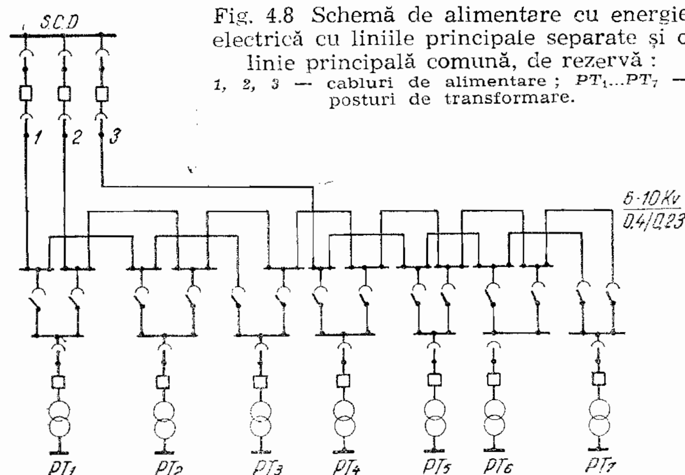


Fig. 4.8 Schemă de alimentare cu energie electrică cu liniile principale separate și o linie principală comună, de rezervă: *1, 2, 3* — cabluri de alimentare; PT_1...PT_7 — posturi de transformare.

Anclanșarea automată a rezervei trebuie să îndeplinească mai multe condiții, dintre care principalele sînt :

— să fie cît mai rapidă pentru a împiedica întreruperea funcționării receptoarelor ;

— să se producă numai după deconectarea racordului principal de alimentare, defect ;

— să excludă posibilitatea repetării indefinite a anclanșării în caz de defecte persistente ;

— nu trebuie să funcționeze decît o dată.

Anclanșarea automată a rezervei constituie unul din mijloacele de automatizare a sistemelor energetice.

Anclanșarea are drept scop asigurarea continuității alimentării cu energie a receptoarelor ; ea este o operație prin care se realizează comu-

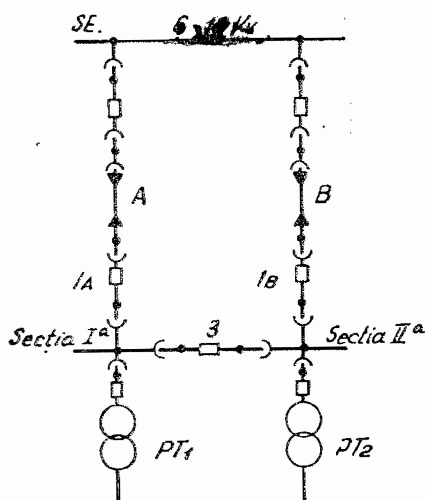


Fig. 4.9. Schema radială cu anclanșare automată a rezervei (cu sistem *AAR*) :
SE — sistemul energetic ; *A*, *B* — linii de alimentare ; I_A I_B — întrerupătoare ; *3* — întrerupător cuplă longitudinală ; *PT* — posturi de transformare.

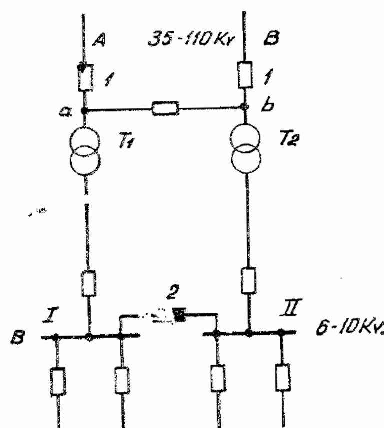


Fig. 4.10. Schema în H :
1 — întrerupător automat ; *2* — cuplă ; *T* — transformatoare ; *A*, *B* — linii de alimentare.

tarea rapidă a alimentării de pe o linie normală ce s-a defectat, pe o linie aflată în rezervă, sub acțiunea instantanee a dispozitivelor de protecție.

În figura 4.10 este arătată o schemă în H, folosită pentru consumatori importanți, putînd fi utilizată numai la alimentările cu linii duble ; ea permite multe posibilități de funcționare în caz de avarie.

Cu ajutorul cuplei 2 pot fi separate oricare din secțiile de bare I sau II în caz de defect, comutîndu-se în același timp alimentarea pe racordul secțiunii respective de bare.

Este posibil ca un transformator al acestui racord, de exemplu T_1, să primească tensiune din sistem pe oricare din liniile de alimentare A sau B, fiecare din transformatoarele T_1 sau T_2, avînd această posibilitate.

Prin aceste posibilități de manevră se mărește mult continuitatea și siguranța alimentării.

Schema mai are o variantă, cu transformatoarele T_1 și T_2 legate pe partea liniilor de alimentare, adică înaintea punctelor *a* și *b*.

Din schemele arătate, reiese că pentru consumatori din ce în ce mai importanți se folosesc scheme din ce în ce mai complexe, cu costuri de investiție din ce în ce mai mari dar și cu o stabilitate, siguranță și mobilitate sporite.

Capitolul 5

INSTALAȚII ELECTRICE INTERIOARE DE LUMINĂ ȘI FORȚĂ

A. CLASIFICAREA ÎNCĂPERILOR ȘI A CLĂDIRILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL PERICOLULUI DE INCENDIU

La executarea lucrărilor electrice la consumator, trebuie să se țină seama de natura și starea fizică a atmosferei în care se montează aceste instalații în măsura în care procesul tehnologic poate să genereze explozii sau incendii.

În funcție de pericolul de incendiu, sînt necesare anumite materiale, aparataje, dispozitive etc. și o anumită tehnologie de execuție a instalațiilor electrice, cu scopul de a evita incendiile și exploziile.

În normativele în vigoare N.P.C.I. și I. 7.68, sînt date prescripții în legătură cu clasificarea încăperilor din punct de vedere al gradului de pericol de incendiu. În tabela 5.1 se arată ***categoriile de încăperi, după caracteristicile mediului ambiant,*** stabilite de normativul 7.I.68, pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V.

Tabela 5.1

Categoriile de încăperi după caracteristicile mediului

Simbolul categoriei	Caracteristica principală a mediului
U_0	Uscate
U_1	Umede cu intermitență
U_2	Umede
U_3	Ude
P	Cu degajări de praf incombustibil
K	Cu medii corosive
T	Cu temperaturi ridicate
CE	Bune conductoare
EE	Speciale pentru echipamente electrice

Categoriile de încăperi sau locuri, în raport cu gradul de pericol de electrocutare, definite prin STAS 8275-68 sînt :

— puțin periculoase la electrocutare ;

— periculoase la electrocutare ;

— foarte periculoase la electrocutare.

În *categoria încăperilor uscate* U_0 sînt cuprinse încăperile în care nu se produc condensații pe pereți sau ceață, umiditatea relativă a aerului nedepășind în mod obișnuit 75%. Aceste încăperi se încadrează în categoria încăperilor cu grad mic de pericol de electrocutare. Astfel de încăperi sînt : camerele de locuit, birourile, magazinele, sălile de clasă din școli, teatrele, cinematografele, muzeele, încăperile industriale cu procese tehnologice uscate etc.

Categoria încăperi umede cu intermitență U_1 cuprinde încăperile în care, umiditatea aerului se poate manifesta, datorită destinației încăperii respective, sub formă de ceață sau condensații pe pereți, dar numai pentru perioade scurte de timp. Printr-o aerisire normală, încăperea se usucă repede. În aceste încăperi umiditatea relativă a aerului nu depășește timp îndelungat 75%. În această categorie intră și spațiile din exterior, acoperite, în care nu ajung stropii de ploaie.

Încăperile umede cu intermitență se încadrează în categoria încăperilor periculoase la electrocutare. Astfel de încăperi sînt : bucătăriile, WC-urile individuale din apartamentele de locuit, călcătoriile, uscătoriile, terasele acoperite, pivnițele aerisite etc.

În *categoria încăperi umede* U_2 sînt cuprinse încăperile în care umiditatea aerului se manifestă frecvent sub formă de ceață sau condensații pe pereți, fără apariția însă a picăturilor mari și fără ca pereții să fie îmbibați cu apă. În aceste încăperi umiditatea relativă a aerului este cuprinsă între 75 și 97%, aceste încăperi încadrîndu-se în categoria încăperilor periculoase la electrocutare.

Astfel de încăperi sînt : camerele de băi din apartamentele de locuit, spălătorii familiale, bucătăriile din cantine și restaurante, săli de pompe, încăperile industriale cu procese tehnologice umede etc.

Categoria încăperi ude U_3 cuprinde încăperile în care umiditatea aerului este permanentă sau pe perioade lungi fie sub formă de ceață, fie sub formă de vapori. În aceste încăperi, apar în mod frecvent picături mari de apă, datorită condensațiilor, pereții fiind astfel îmbibați de apă. Umiditatea relativă a unor asemenea încăperi depășește curent 97%. În această categorie intră și acele încăperi în care pardoselile și pereții se stropesc cu apă, pentru curățirea lor.

Din punct de vedere al pericolului de electrocutare, acestea sînt încăperi foarte periculoase. În această categorie intră camerele de băi, dușuri, spălătorii, comune sau industriale, WC-uri publice, camere frigorifice, încăperi pentru spălarea vehiculelor, încăperi din industrii cu procese tehnologice ude etc.

Încăperile în care au loc degajări de praf incombustibil P sînt din punct de vedere al pericolului de electrocutare, fie încăperi puțin periculoase la electrocutare, atunci cînd praful nu este bun conducător de electricitate, fie încăperi „periculoase“ sau „foarte periculoase“, cînd praful este bun conducător de electricitate.

Praful ce se degajă în aceste încăperi se depune în cantități mari pe elementele instalațiilor electrice, putînd afecta buna funcționare a acestora.

Încăperile „periculoase" sau „foarte periculoase" adică cele încadrate în categoria *K* sînt : încăperi în care, datorită proceselor tehnologice, se degajă vapori, gaze, lichide, praf etc., acestea avînd o acțiune distructivă asupra materialelor utilizate la execuția instalațiilor electrice. Exemple de asemenea încăperi : încăperile industriale în care sînt băi galvanice, încăperile pentru acumulatoare, grajdurile, WC-urile publice etc.

Încăperile sau părțile din încăperi cu temperaturi foarte ridicate T sînt acelea în care temperatura mediului ambiant, depășește freevent +40 °C, menținîndu-se permanent o temperatură de peste 35 °C. Ele se încadrează în categoria încăperilor „foarte periculoase" la electrocutare.

Categoria de încăperi bune conducătoare de electricitate CE cuprinde acele încăperi, în care pardoseala, pereții și obiectele din interior sînt bune conducătoare de electricitate, fie că sînt impregnate fie că sînt acoperite cu substanțe conducătoare de electricitate. Acestea sînt încăperi periculoase la electrocutare, în măsura în care masele metalice în legătură cu pămîntul, nu depășesc 60% din suprafața zonei de manipulare. Peste 60%, determină încadrarea în categoria „încăperilor foarte periculoase".

Locurile de muncă pentru controlul, reparația, revizia și curățirea cazanelor termice sau a rezervoarelor metalice sînt considerate foarte periculoase la electrocutare.

Încăperile servind exclusiv la exploatarea instalațiilor electrice, inaccesibile persoanelor necalificate, sînt considerate extrem de periculoase și denumite *încăperi speciale pentru echipamente electrice;* ele fac parte din categoria *E.E.* În această categorie intră : camerele destinate tablourilor electrice, bateriilor de condensatoare, bateriilor de acumulatoare, transformatoarelor, redresoarelor, camerele motoarelor ascensoarelor, ale laboratoarelor de încercări electrice etc.

B. REPARTIZAREA SARCINILOR ELECTRICE PE CIRCUITE DE LUMINĂ ȘI FORȚĂ

Problemele care trebuie rezolvate la împărțirea sarcinilor pe circuite, în instalațiile electrice, sînt următoarele :

— repartizarea cît mai uniformă a receptoarelor pe cele trei faze, astfel încît acestea să fie cît mai egal încărcate ;

— limitarea căderilor de tensiune, pentru ca tensiunea rămasă disponibilă la bornele receptoarelor, să nu coboare sub o anumită limită sub care, receptoarele riscă să se defecteze. Acest lucru se poate realiza printr-o justă echilibrare și o rațională alegere a traseelor circuitelor ;

— posibilitatea detectării rapide și a localizării defectelor apărute în instalații pe durata exploatării.

În acest scop, pentru instalațiile electrice pînă la 1 000 V, normativul I.7-68 impune prevederea ***circuitelor separate pe categorii de receptoare*** *: de iluminat, de forță, de semnalizare.*

Lămpile din magazine, magazii și depozite, se vor repartiza pe cel puțin două circuite, în vederea asigurării unui iluminat permanent, deoarece dacă toate lămpile ar fi repartizate pe un singur circuit, la apariția unui defect, prin arderea siguranțelor, toate lămpile se vor stinge, îngreuind reparația și mai ales iluminatul necesar securității și pazei mărfurilor.

Se recomandă ca lămpile din vitrine să fie dispuse pe circuite independente de celelalte lămpi, din interiorul și exteriorul magazinelor.

În clădirile de locuit trebuie să existe circuite pentru locurile fixe de iluminat și circuite de prize, complet separate. Priza pentru transformatorul de sonerie și pentru amplificator se poate alimenta de la circuitul cel mai apropiat, indiferent de felul acestuia — de iluminat sau de prize.

În clădirile de locuit, cu apartamente tip, compuse din cel mult două camere și dependințele respective, avînd o putere instalată de cel mult 1,3 kW, sînt permise instalațiile „mononul" în care circuitul de lumină și circuitul de prize au un nul comun. O asemenea instalație cuprinde trei conductoare pozate în același tub. Toate cele trei conductoare sînt asigurate cu siguranțe fuzibile, dispuse pe tablou, cele de fază cu siguranțe de 6 A iar conductorul de nul cu siguranță de 10 A (fig. 5.1).

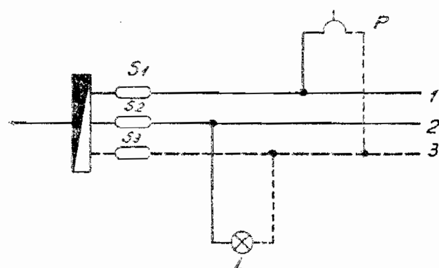


Fig. 5.1. Instalație mononul în apartamente tip, cu putere instalată sub 1,3 kW:

1, 2 — conductoare de fază ; *3* — conductor de nul comun circuitelor de lumină și prize ; *L* — loc de lampă ; *P* — loc de priză ; S_1, S_2 — siguranțe de 6 A, pe conductoarele de fază ; S_3 — siguranță de 10 A, pe conductorul de nul.

Fiecare încăpere cu suprafață ce depășește 5 m², trebuie prevăzută cu cel puțin un loc fix de iluminat și un loc de priză. În ce privește prizele, acestea nu se vor monta pe coridoare, în cămări de alimente, camere de baie sau vestiare.

La stabilirea numărului de circuite și repartizarea receptoarelor în locuințe, se ține seama că în cazul tensiunilor de la 110 la 220 V pe fiecare circuit de lumină se pot monta pînă la 12 lămpi, însumînd o putere totală instalată de maximum 1 000 W, iar pe circuitele de prize se pot prevedea pînă la opt prize monofazice simple sau duble (fig. 5.2).

Circuitele electrice speciale de lumină, monofazate sau trifazate, alimentînd corpuri de iluminat incandescente sau fluorescente, pot avea un număr maxim de 30 lămpi fiecare, fiind însă dimensionate corespunzător.

Fig. 5.2. Instalația electrică a unui apartament, cu repartizarea lămpilor și prizelor, pe circuite separate.

Circuitele monofazate de prize din locuințe, cărora nu li se poate aprecia cu exactitate încărcarea, se socotesc încărcate cu o sarcină standard de 800 W pe circuit.

Pentru circuitele de priză cărora li se poate aprecia exact încărcătura, nu se ia în nici un caz o sarcină mai mică de 800 W/circuit.

C. PUNEREA ÎN FUNCȚIE A MOTOARELOR ELECTRICE ASINCRONE

Motoarele electrice asincrone cu rotorul în scurtcircuit (în colivie) absorb la pornire directă, curenți mari, acest lucru putînd să deranjeze funcționarea celorlalte receptoare. Acest deranjament este cu atît mai mare, cu cît puterea motorului ce se pornește direct, fără mijloace de micșorare a curentului de pornire, este mai mare. În consecință, punerea în funcție a motoarelor legate direct la rețea trebuie să se facă astfel încît să nu ducă la variații de tensiune periculoase pentru celelalte receptoare, care pot funcționa numai avînd la borne o anumită tensiune minimă.

Motoarele electrice se aleg pentru a funcționa la tensiunea rețelei la care se racordează, aceasta putînd fi : 220, 380, 500 V între faze. În cazul rețelelor de 208 V se utilizează motoare construite pentru tensiuni de 220 V.

Punerea în funcție a motoarelor legate direct la rețea se face după cum urmează :

— motoarele electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, cu puteri pînă la 3 kW inclusiv, pentru tensiunea de 220 V a rețelei și pînă la 5,5 kW, pentru tensiunea de 380 V, sînt pornite direct fără mijloace de micșorare a curentului de pornire ;

— motoarele electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, cu puteri peste 3 kW pentru tensiunea de 220 V și 5,5 kW, la tensiunea de 380 V a rețelei, sînt prevăzute neapărat cu dispozitive de pornire speciale care micșorează valoarea curentului de pornire.

În acest scop aparatele de pornire ce se pot utiliza, sînt comutatoarele de pornire stea-triunghi și autotransformatoarele — utilizate în cazul motoarelor cu rotorul în scurtcircuit — și rezistențele de pornire, pentru motoarele cu rotorul bobinat și cu inele colectoare.

Cînd alimentarea este făcută din centrale electrice sau posturi de transformare proprii, se admite și pornirea directă, fără aparate speciale de micșorarea valorii curenților de pornire, a motoarelor cu puteri ce nu depășesc 20% din puterea transformatoarelor funcționînd în paralel și încărcate aproape de limită.

Pentru dimensionarea liniilor individuale de alimentare se va lua în calcul coeficienții de simultaneitate C_s, după cum urmează :

— pentru iluminat normal în clădiri industriale și civile (social-culturale, comerciale etc.) $C_s = 0,8...0,9$;
— pentru iluminat de siguranță $C_s = 1,00$;
— pentru clădiri de locuit coeficienții de simultaneitate se aleg potrivit prevederilor STAS 234-67.

Pentru circuitele de forță se consideră în cazul unui receptor, curentul nominal al receptorului, urmînd ca secțiunea rezultată din calcul să fie verificată atît la densitatea de curent la pornire, cît și la pierderea de tensiune la pornire.

În cazul conductoarelor de cupru, densitatea maximă admisă nu trebuie să depășească 35 A/mm^2 iar la conductoarele de aluminiu 20 A/mm^2.

Pierderea de tensiune la pornire nu trebuie să fie mai mare decît cea maximă indicată de fabrica de motoare electrice. Pentru dimensionarea coloanelor, trebuie să se țină seama de coeficientul de cerere, corespunzător naturii receptoarelor și felului industriei respective.

Pentru a evita pîlpîirile produse în circuitele de iluminat de căderile de tensiune ce iau naștere la pornirea motoarelor, tablourile sînt separate în tablouri de distribuție de forță și tablouri de distribuție de lumină. Acest lucru înlesnește și aplicarea tarifelor diferențiate în instalațiile industriale.

La un tablou se recomandă să fie racordate numai motoarele aceluiași proces tehnologic precum și macaralele respective, pentru ca în cazul avariei provenite de la un motor să nu se împiedice funcționarea celorlalte procese tehnologice.

Tablourile de distribuție alimentînd receptoare importante (pompe de incendiu, compresoare, ventilatoare) ca și cele care deservesc servicii auxiliare ale sălilor de cazane, trebuie să aibă și coloane de alimentare de rezervă.

D. PIERDERI ADMISIBILE DE TENSIUNE

În conformitate cu regulamentul de exploatare a energiei electrice, pierderea maximă în rețelele publice este limitată la ±5% din valoarea tensiunii nominale utilizate.

În ceea ce privește instalațiile electrice la consumator pierderile de tensiune nu trebuie să depășească :

— 3% pentru iluminat între tabloul general sau contor și cea mai îndepărtată dintre lămpi, la sarcina maximă a instalației pentru care s-a dimensionat coloana de alimentare ;

— 5% pentru alte receptoare în afara celor pentru iluminat, între tabloul general sau contor și cel mai îndepărtat receptor, de asemenea. la sarcina maximă a instalației pentru care s-a dimensionat coloana de alimentare.

În cazul alimentării din centrale electrice sau posturi de transformare proprii, se admite ca pierderea de tensiune pe partea de joasă tensiune de la sursa respectivă — post sau centrală — pînă la ultimul consumator să ajungă pînă la :

— 8% din tensiunea nominală de utilizare pentru iluminat, la sarcina maximă a coloanei de alimentare ;

— 10% din tensiunea nominală de utilizare, pentru alte receptoare în afara celor pentru iluminat, tot la sarcina maximă a instalației pentru care s-a dimensionat coloana de alimentare.

Normativul I.7-68 mai prevede că pierderea maximă de tensiune să nu fie mai mare ca 10% din tensiunea nominală de utilizare, atît pentru alimentarea lămpilor de iluminat, aflate izolat și îndepărtate, cît și în cazul iluminatului cu tensiune redusă sub 42 V.

E. SECȚIUNI MINIME

Conductoarele instalațiilor electrice sînt supuse eforturilor mecanice, atît la execuție cît și la exploatare. La tragerea conductoarelor pe tuburi, frecarea pe pereți a acestora impune conductoarelor, o secțiune minimă care să preia eforturile astfel încît conductoarele la montaj să nu se alungească și deci să nu se subțieze.

În instalațiile aeriene, conductoarele sînt solicitate de eforturi suplimentare, date de vînt, chiciură, polei etc., eforturi care le pot alungi și deci subția. Această subțiere este însoțită de o creștere a rezistențelor electrice a conductorului, pe porțiunea subțiată, ceea ce duce la o încălzire locală mai mare, și la topirea conductorului, în acea zonă.

Normativul I.7-68 prevede atît pentru conductoare montate în exterior cît și în interior secțiuni minime care trebuie respectate, chiar dacă din calculul electric rezultă secțiuni mai mici, capabile să transporte curentul în condiții economice (tabela 5.2 și 5.3).

F. SCHEME DE DISTRIBUȚIE INTERIOARĂ

Consumatorii de energie electrică posedă instalații electrice, cuprinzînd mai multe receptoare de forță și de lumină.

Distribuția și concentrația acestora pe teritoriul consumatorului, este foarte diferită, specifică ramurii industriale din care acesta face parte, ca de exemplu, industria grea, industria ușoară, industria alimentară etc., specifică gradului de tehnicitate a proceselor tehnologice etc. precum și produselor ce se fabrică și materiilor prime ce intră în procesul de fabricație.

Tabela 5.2

Secțiunile minime admisibile ale conductoarelor montate în interiorul clădirilor

Nr. crt.	Destinația conductoarelor	Secțiunea în mm a conductoarelor de:	
		cupru	aluminiu
1	2	3	4
1	Pentru interiorul corpurilor de iluminat	0,75	—
2	Pentru alimentarea unui singur loc de lampă	1	2,5
3	Pentru instalații aeriene, în interiorul clădirilor, montate pe izolatoare tip pentru exterior, cu distanțe între ele :		
	— de 1...2 m	1,5	4
	— de 2...6 m	2,5	6
	— de 6...15 m	4	10
	— peste 15 m	6	16
4	Pentru așezare în tuburi, circuitele locurilor de lampă de la tablou și pînă la ultima ramificație	1,5	2,5
5	Pentru alimentarea unei singure prize	1,5	2,5
6	Pentru circuitele prizelor în apartamente	1,5	2,5
7	Pentru circuite primare, ce alimentează firmele cu gaze rarefiate	2,5	4
8	Pentru forță la așezare în tuburi	1,5	2,5
9	Pentru circuite monofazice, conductorul de nul va avea aceeași secțiune ca și cel de fază. La distribuția cu patru conductoare pentru iluminat, pînă la secțiunea de 16 mm² a conductoarelor active, secțiunea conductorului de nul este aceeași ca și a conductoarelor de fază. La distribuția cu patru conductoare pentru iluminat, începînd cu secțiunea conductorului activ de 25 mm², se adoptă următoarele secțiuni minime, pentru conductorul de nul de lucru :		
	— pentru 25 mm²	16	16
	— pentru 35 mm²	16	16
	— pentru 50 mm²	25	25
	— pentru 70 mm²	35	35
	— pentru 95 mm²	50	50
	— pentru 120 și 150 mm²	70	70
	— pentru 185 mm²	95	95
	— pentru 240 mm²	120	120

(Continuare)

Nr. crt.	Destinația conductoarelor	Secțiunea în mm a conductoarelor de :	
		cupru	aluminiu
1	2	3	4
10	Pentru coloane, între tabloul principal și cel secundar, se va determina prin calcul, însă minim	2,5	4
11	Pentru legătura între contor și tabloul de distribuție al instalației interioare, pentru locuințe se va determina prin calcul, însă avînd rețele cu tensiunea de :		
	— 220 V minimum	4	6
	— 120 V minimum	10	16
12	La instalațiile mononul secțiunile vor fi :		
	a) conductor de fază pentru iluminat și prize	1,5	2,5
	b) conductor de nul comun	2,5	2,5
	c) conductor de legătură între contor și tabloul de distribuție al instalației	2,5	4
13	Pentru legături în interiorul tablourilor de distribuție și automatizare :		
	a) legături lipite	1	—
	b) legături cu cleme la borne	1,5	2,5
14	Pentru circuitele secundare ale transformatoarelor de curent pentru măsură	2,5	—
15	Pentru alimentarea utilajelor mobile sau portative, secțiunea cordonului pentru un consum de curent al aparatului trebuie să fie :		
	a) pînă la 6 A	0,75	—
	b) de la 6 A la 10 A	1,00	—
	c) de la 10 la 16 A	1,3	—
	d) de la 16 la 25 A	2,5	—
	e) de la 25 la 32 A	4	—
	f) de la 32 la 40 A	6	—
	g) de la 40 la 53 A	10	—
16	Pentru alimentarea corpurilor de iluminat portative, secțiunea cordonului pentru un consum de curent al aparatului trebuie să fie :		
	a) pînă la 4 A	0,5	—
	b) de la 4 A pînă la 10 A	0,75	—

Tabela 5.3

Secțiunile (diametrele) minime admisibile ale conductoarelor montate în exteriorul clădirilor, pe izolatoare

Nr. crt.	Destinația conductoarelor	Secțiunile (diametrele) minime pentru conductoare masive și multifilare			
		Cupru mm²	Aluminiu mm²	Al-Al mm²	Oțel mm²
1.	Pentru instalații aeriene în interiorul clădirilor montate pe izolatoare așezate la distanță :				
	— pînă la 4 m	2,5	6	—	∅3
	— de la 4 la 6 m	4	10	—	∅3
	— de la 6 la 15 m	4	10	—	∅3
	— peste 15 m	6	16	16	∅3
2.	Pentru interiorul corpului de iluminat	1	—	—	—

Cu toată diversitatea, instalațiile electrice la consumator au cîteva elemente comune. Unele dintre acestea sînt comune tuturor instalațiilor, altele numai în grupe mari de instalații.

Așa, de pildă, toate instalațiile electrice interioare sînt alimentate, fie din rețele publice, de înaltă sau joasă tensiune, fie din stații centrale sau posturi de transformare proprii. De la acestea, energia ajunge printr-unul sau mai multe racorduri de alimentare, la un tablou general, care o primește și o distribuie mai departe.

Felul în care energia electrică este distribuită în interiorul consumatorului, depinde în primul rînd de suprafața ocupată și în al doilea rînd, de distribuirea și concentrarea receptoarelor de energie.

Cunoscîndu-se faptul că trecerea curentului prin conductoarele liniilor electrice, este însoțită și de alte fenomene, ca de exemplu, fenomenul termic — care atrage după sine pierderi de energie, mai mari sau mai mici — alegerea traseelor, lungimea acestora, grosimea conductoarelor și felul instalației sînt factori care se determină cu deosebită atenție. La alegerea acestor elemente se ține seama de criterii economice legate și de securitatea și continuitatea în exploatare.

Pentru a se reduce costul instalațiilor ca investiție și cheltuielile de exploatare se aleg trasee scurte și conductoare cu secțiuni corespunzătoare.

Pornindu-se de la aceste considerații, în instalațiile electrice interioare se pot folosi mai multe tipuri caracteristice de scheme de distribuție.

O schemă de distribuție interioară cu coloanele distribuite radial, utilizată în halele industriale, cuprinde un tablou general care prin coloane separate alimentează tablouri de distribuție, amplasate în centrele de greutate ale unor procese tehnologice. Fiecare tablou deservește utilajele unui proces tehnologic și mijloacele de ridicat și transportat legate de procesul tehnologic respectiv. Tablourile sînt alimentate în cascadă. Fiecare dintre tablourile din schemă au prevăzute circuite asigurate cu siguranțe fuzibile corespunzătoare curentului nominal al receptorului pe care urmează a-l proteja.

În figura 5.3 este arătată o schemă de distribuție de joasă tensiune cu linie principală, utilizată în instalațiile electrice din întreprinderile industriale. Aceasta cuprinde un tablou general *TG*, o linie principală *LP*, din care sînt alimentate tablourile de distribuție *T* prevăzute cu circuitele necesare receptoarelor. Tablourile sînt alimentate din linia principală prin coloanele *C*, putînd fi legate în cascadă.

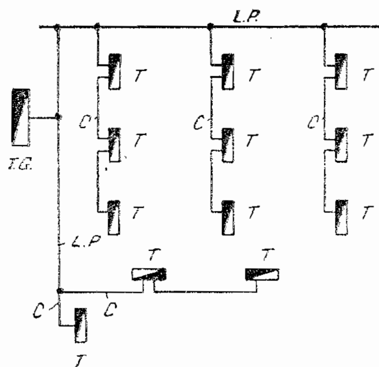


Fig 5.3. Schema de distribuție cu linie principală.

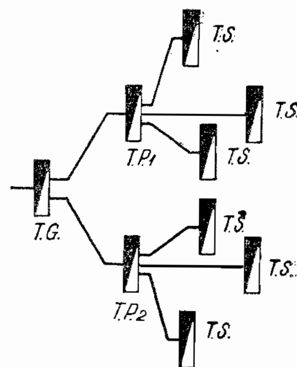


Fig. 5.4. Schema de distribuție interioară de joasă tensiune, arborescentă, cu tablouri principale și secundare.

Figura 5.4 reprezintă o schemă de distribuție de joasă tensiune, arborescentă, avînd tablouri de distribuție principale *TP* și tablouri de distribuție secundare *TS*. Dintre toate tablourile, numai cele secundare sînt prevăzute cu circuite pentru receptoare, tablourile principale alimentînd doar tablourile secundare și eventual consumatori importanți cum sînt : macarale puternice, benzi transportoare, atunci cînd motoarele sînt amplasate în apropierea acestor tablouri.

Tabloul general *TG* este amplasat în apropierea postului de transformare, avînd pe el circuitele de alimentare ale tablourilor principale. Acestea din urmă se amplasează în secții diferite de producție, în centrul de greutate al consumului pe secție.

În figura 5.5, este reprezentată o schemă arborescentă utilizată în clădirile civile cu mai multe niveluri, fiecare nivel avînd același număr de apartamente, sau încăperi cu aceeași destinație și aceeași împărțire.

Din tabloul general *TG* de la parter sînt alimentate prin coloanele ce urcă pe casa fiecărei scări, tablourile principale *TP*, amplasate la fiecare nivel. Din tablourile principale sînt alimentate tablourile montate în fiecare apartament.

O altă schemă cu o alimentare mai sigură este arătată în figura 5.6. De la tabloul general *TG*, aflat la parter, coloanele C_1, C_2, C_3 și C_4, urcă spre etajele superioare, trecînd prin toate tablourile *T* amplasate pe etaje, alcătuindu-se în acest fel circuite închise pe fiecare scară

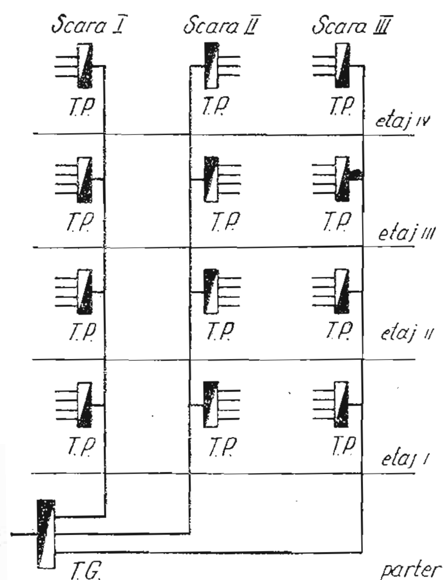


Fig. 5.5. Schema arborescentă utilizată în clădiri, avînd un tablou general la parter și tablouri principale de distribuție la fiecare etaj.

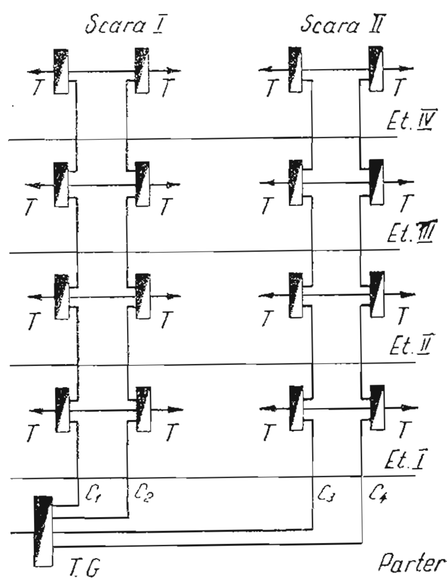


Fig. 5.6. Schema de distribuție buclată, în blocuri de locuințe sau clădiri industriale ori comerciale.

(C_1-C_2 ; C_3-C_4). De reținut că între tablourile de pe același nivel, există un circuit de legătură care oferă posibilitatea transferului de energie în același nivel. Schema este folosită în instituții administrative cu o instalație mai pretențioasă și cu un cost de investiție mai mare.

La alegerea schemelor se ține seama ca investiția să aibă un preț de cost minim, fără a se neglija costurile de exploatare. Tablourile se amplasează în centrele de greutate ale consumului de energie și sînt

prevăzute cu circuite de alimentare, dimensionate la un coeficient corespunzător de cerere (simultaneitatea și încărcarea).

Tablourile trebuie să alimenteze receptoarele legate între ele prin procesul tehnologic, pentru ca la apariția unui defect, staționarea utilajului defectat, care în orice caz stînjenește funcționarea liniei tehnologice respective, să nu stînjenească și alte linii tehnologice. De asemenea, la alegerea schemei se are în vedere posibilitatea localizării și limitării defectului, precum și rapida sa depistare în vederea eliminării.

G. INSTALAȚII DE ILUMINAT DE SIGURANȚĂ, DE EVACUARE ȘI DE LUCRU ÎN REGIM DE AVARIE

În anumite situații, în care instalațiile de iluminat normal încetează de a mai funcționa, este necesar a se ilumina spațiile cu ajutorul unui iluminat special, chemat să asigure o iluminare corespunzătoare locului respectiv, pe o anumită perioadă, în care este necesar a se realiza evacuarea persoanelor ori continuarea lucrului sau executarea unor manevre necesare opririi unor procese tehnologice. Acest fel de iluminat se cheamă iluminat de siguranță și poate fi : iluminat pentru continuarea lucrului și iluminat de evacuare.

Acolo unde datorită întreruperii iluminatului normal pot să se ivească condiții, care să genereze explozii, incendii, răniri sau otrăviri de persoane, acolo unde este necesară efectuarea unor manevre obligatorii în vederea opririi utilajelor sau dispozitivelor care pot duce la asemenea accidente, ca și în locurile unde se desfășoară o activitate importantă și care nu poate fi întreruptă, este obligatoriu a se asigura iluminatul pentru continuarea lucrului.

Locurile unde este necesar a se executa aceste instalații sînt :

— atelierele, spațiile industriale, laboratoarele etc., unde utilajele necesită o supraveghere permanentă ;

— grupurile operatorii ale spitalelor și clinicilor cuprinzînd săli de pregătire pentru bolnavi și corp medical, săli de pansamente și sterilizări, săli de operații ;

— camerele mari de aeraj minier sau săli de cazane în centrale electrice și centrale de termoficare, în serviciile interne ale acestor centrale și stațiile electrice.

În toate aceste cazuri energia electrică necesară este asigurată din surse independente, sau prin racordare la tabloul stației de pompe de incendiu etc.

Lămpile utilizate pentru iluminatul de siguranță se repartizează pe un număr corespunzător de circuite, acestea urmînd de regulă alte trasee decît circuitele de iluminat normal. Se recomandă ca distanța

dintre traseele circuitelor de iluminat normal și cele de iluminat de siguranță să nu fie mai mică de 10 cm.

Corpurile de iluminat folosite în instalația de iluminat de siguranță trebuie să se distingă de celelalte corpuri de iluminat prin formă, culoare, marcare etc.

La iluminatul de siguranță pot fi utilizate și lămpi fluorescente dar numai de tipul cu aprindere instantanee (fără starter) și numai dacă corpurile au cel puțin două tuburi fluorescente.

Iluminatul de siguranță pentru continuarea lucrului în regim de avarie din grupurile operatorii din clinici și spitale, se asigură prin circuite separate de cele care alimentează iluminatul de evacuare prin puncte luminoase indicatoare.

Pentru marcarea celor mai scurte trasee de evacuare a persoanelor din spațiile cu mare aglomerare, în cazuri de întrerupere a iluminatului normal și pentru evitarea intrării acestora în panică, se folosește un *iluminat de evacuare* executat sub forma unor puncte indicatoare de lumină, alcătuind o rețea separată alimentată dintr-o sursă independentă de energie.

Acest iluminat de evacuare este obligatoriu la :

— teatre, cinematografe, circuri, săli de concert, săli de conferințe și cămine culturale cu mai mult de 400 locuri, localuri publice — restaurante, magazine etc. — care au o suprafață desfășurată de cel puțin 1 000 m^2 (exclusiv depozite și dependințe), creșe, grădinițe și cămine de copii ;

— în spitale și sanatorii, în încăperi, coridoare, scări și ieșiri în afara încăperilor auxiliare ca oficii, depozite de medicamente, depozite de rechizite și echipament etc. ;

— blocuri de locuit cu mai mult de șase nivele ;

— ieșirile încăperilor în care prin destinația lor se pot aduna un număr mai mare de 50 persoane.

Alimentarea iluminatului de siguranță. Pentru alimentarea iluminatului necesar pentru continuarea lucrului, care trebuie să fie asigurat corespunzător consumatorilor din categoria I, se adoptă soluția cu surse independente de energie ; acestea pot fi, ca și în cazul iluminatului de evacuare realizat prin indicatoare luminoase :

— baterie centrală de acumulatoare ;

— acumulatoare locale (luminoblocuri) ;

— grup electrogen, preferabil cu intrare automată în funcțiune ;

— transformator de putere, diferit de cel utilizat pentru alimentarea iluminatului obișnuit ;

— tabloul general de distribuție, înaintea întrerupătorului general de joasă tensiune ;

— tabloul de forță, înaintea întrerupătorului general de joasă tensiune ;

— branșament diferit de cel care alimentează circuitele de iluminat normal ;

— în cazul unui singur branșament la clădirea respectivă, racordarea iluminatului de siguranță, înaintea întrerupătorului de la intrarea în tabloul general, sau înaintea siguranțelor generale.

În cazul alimentării dintr-o baterie centrală de acumulatoare, pe tabloul principal este prevăzut un dispozitiv de comutare automată, care la întreruperea funcționării iluminatului normal, anclanșează alimentarea din baterie, punînd în funcțiune iluminatul de siguranță.

Capacitatea bateriei de acumulatoare se alege astfel încît să asigure energie necesară punctelor luminoase din circuitele de iluminat de siguranță, prevăzute a funcționa în regim de avarii, cel puțin o oră de funcționare pentru iluminatul de evacuare și trei ore pentru iluminatul de continuarea lucrului (acolo unde este cazul).

Iluminatul de evacuare prin puncte indicatoare luminoase, poate să funcționeze permanent, concomitent cu iluminatul normal, sau poate fi cuplat automat la întreruperea prin avarie a iluminatului normal. Se admite ca numai o parte a iluminatului de evacuare prin puncte indicatoare luminoase să funcționeze în același timp cu iluminatul normal, cu condiția însă ca cealaltă parte să intre automat în funcție la întreruperea iluminatului normal în caz de avarie.

În sălile de spectacol, în care prin natura destinației, apar mari concentrări de persoane, lămpile iluminatului de evacuare prin puncte indicatoare luminoase, trebuie prevăzute pe traseele de evacuare, începînd cu ușile de evacuare ale sălilor și continuînd cu sălile, coridoarele, scările și ieșirile din clădire. Ele trebuie astfel amplasate încît să fie vizibile tot timpul, fără însă a-și trimite lumina, în cazul sălilor de spectacol, direct către spectator, deranjîndu-l în vizionarea spectacolului.

De asemenea, este obligatoriu să se prevadă puncte luminoase în interiorul hidranților de incendiu, pentru marcarea acestora, în clădirile publice cu regim de funcționare în timpul nopții sau la lumină artificială, acolo unde pot apărea aglomerări de persoane. Aceste lămpi, trebuie protejate mecanic, pentru ca la manevrarea echipamentului hidrantului să nu fie distruse și nici să nu se provoace o electrocutare.

În sălile de spectacol cu o capacitate mai mare de 400 locuri trebuie să se prevadă un iluminat special de evacuare, alimentat de la aceleași surse de energie și realizat în încăperile aflate pe traseele de evacuare, prin cel puțin două lămpi clare. Aceste lămpi trebuie să se aprindă automat la defectarea iluminatului normal. De asemenea trebuie prevăzută și posibilitatea acționării manuale din mai multe locuri accesibile personalului de serviciu al sălilor de spectacol sau spectatorilor. De obicei aceste locuri sînt în garderobe sau foaiere. Stingerea lor trebuie să se poată face însă, numai dintr-un singur punct accesibil numai personalului de serviciu.

Repartizarea pe circuite a lămpilor se face astfel, încît în fiecare cameră să existe cel puțin două circuite, lămpile alternînd, încît dacă pe unul din circuite apare un defect lămpile aflate pe celelalte circuite, să asigure un iluminat necesar evacuării în fiecare încăpere, aflată pe traseul de evacuare pînă la exteriorul clădirii.

H. INSTALAȚII ELECTRICE INTERIOARE DE FORȚĂ. ALCĂTUIREA INSTALAȚIEI

Instalațiile electrice pot fi : exterioare și interioare. Instalațiile exterioare, montate în incinta consumatorului abonat, dar în exteriorul clădirilor acestuia pot fi realizate îngropat, de tipul instalațiilor subterane sau aerian, de tipul rețelelor electrice aeriene.

Elementele componente principale ale instalațiilor electrice interioare de forță sînt : tablourile de distribuție, circuitele, aparatele și dispozitivele de protecție și manevră, aparatele de măsură și control (AMC) și receptoarele de curent, care primind energia electrică o transformă în altă formă de energie, necesară în procesul tehnologic respectiv.

Tablourile electrice, după rolul pe care-l ocupă în instalații, se pot clasifica în mai multe categorii : tablouri generale, tablouri intermediare și tablouri secundare.

Tablourile generale primesc energia electrică de la sursă, care poate fi post trafo *, rețea publică sau centrală electrică proprie și o distribuie către receptoare, prin intermediul instalației interioare, care începe de la tabloul general.

Tablourile intermediare primesc energia de la tablourile generale și o distribuie mai departe prin căi de curent, care concentrează consumul de pe mai multe tablouri secundare, asigurîndu-se astfel o cale de curent comună mai multor tablouri secundare, cu un coeficient mai rațional de cerere și un coeficient de simultaneitate mai ridicat.

Tablourile secundare sînt tablourile care concentrează circuitele de alimentare a mai multor receptoare, legate în același proces tehnologic. Acestea sînt echipate cu dispozitive de protecție pentru fiecare receptor.

Circuitele instalațiilor electrice interioare se realizează în mai multe feluri :

— cu conductoare izolate, montate fie aparent pe role sau pe izolatoare, fie suspendate pe tendoane alcătuite din cabluri de oțel ;

— cu conductoare izolate montate în tuburi de protecție, îngropate în tencuială sau aparent pe tencuială, pe dibluri, console sau stelaje de susținere, executate din oțel profilat ;

---

* prescurtare a expresiei: post de transformare.

— cu bare, montate pe izolatoare libere, sau protejate în tubulatură metalică, cu secțiune poligonală ;

— cu cabluri, suspendate pe tendoane din cabluri de oțel, întinse în interiorul halelor sau în exteriorul acestora la înălțimi și în locuri în care să fie exclusă lovirea lor în cursul desfășurării normale a proceselor tehnologice ;

— cu cabluri montate aparent pe tencuială, fie pe dibluri îngropate în aceasta fie pe console sau stelaje ;

— cu cabluri sau conductoare protejate în tuburi și montate în canale prevăzute în pardoseală, accesibile sau vizitabile.

La alegerea modului de montaj al circuitelor trebuie să se țină seama în primul rînd de destinația spațiului și de procesul tehnologic care urmează a se desfășura. Acolo unde procesul tehnologic poate duce la degajări de praf sau umezeală se preferă instalații etanșe, în măsura în care umezeala este peste limitele admise și praful poate da amestecuri explozive sau incendiare.

În hale industriale se pot alege soluții economice cu instalații de distribuție în bare, protejate în tubulatură cu secțiunea poligonală. Această soluție prezintă avantajul că orice modificare ulterioară în amplasarea utilajelor procesului tehnologic, permite o racordare flexibilă și cu foarte mici cheltuieli, putîndu-se oricînd asigura, printr-o judicioasă alegere a secțiunii barelor principale, curenții necesari ce survin în urma modificării amplasamentelor, chiar în eventualitatea adăugirii unor noi receptoare, în vederea raționalizării și perfecționării procesului tehnologic.

Pentru o funcționare normală a instalațiilor de forță este necesar a se folosi atît aparataje care măsoară parametrii de funcționare a instalației cît și aparatajul de manevră și de protecție. Cu ajutorul acestora din urmă se pun în funcțiune sau se întrerupe funcționarea receptoarelor sau se protejează instalația și receptoarele împotriva defecțiunilor ce se pot ivi la avarii și deranjamente.

În categoria aparatelor de manevră și protecție intră :

— aparatele de conectare, cum sînt întrerupătoarele, separatoarele, contactoarele, comutatoarele, controlerele, ruptoarele, prizele de curent cu fișe, conectoare etc. Acestea se folosesc la manevra de închidere și de deschidere a diferitelor circuite, pentru punerea sau scoaterea de sub tensiune a receptoarelor, adică pornirea sau oprirea acestora ;

— aparatele și dispozitivele de protecție, cum sînt siguranțele fuzibile, releele etc., care semnalizează sau comandă declanșarea automată a instalației la apariția unei situații periculoase pentru funcționarea normală a instalației. Așa de exemplu, pot acționa prompt sau temporizat, la apariția unui curent prea mare (de scurtcircuit), la scăderea tensiunii sub limita admisibilă, la încălzirea peste temperatura maximă admisibilă a unui anume element al instalației etc.

În afara aparatelor arătate se mai utilizează și alte aparate cum sînt *aparatele de reglaj* — reostatele, *aparate de limitarea curenților de scurtcircuit* — reactoarele etc.

Aparatele pot fi montate fie concentrat pe panouri sau pe tablourile electrice, fie pe tablouri mobile legate de utilajul pe care îl deservesc, ori pe stelaje metalice, amplasate în apropierea utilajului deservit și la îndemîna operatorului care supraveghează funcționarea acestuia. Întotdeauna se ține seama, ca aceste aparate să nu poată fi lovite în desfășurarea normală a procesului tehnologic, luîndu-se — atunci cînd acest lucru este necesar — măsurile potrivite de protecție.

Siguranțele se prevăd în următoarele cazuri :

— la plecările din tablouri ;

— la intrări în tablouri de distribuție cu peste cinci circuite, legate direct la rețeaua publică ;

— la ramificațiile spre receptoarele individuale, cu excepția celor cu putere mică, asigurate la plecările din tablou pentru curenți sub 15 A la 220/380 V și 20 A la 220/127 V, în general corpuri de iluminat sau aparate de uz casnic etc. ;

— la intrarea în tablourile de distribuție cu puteri instalate peste 8 kW, alimentate prin coloane magistrale sau la plecările din tablouri, pe circuitele receptoarelor de forță, înaintea întrerupătoarelor automate neprevăzute cu relee electromagnetice ;

— în toate punctele în care secțiunea conductoarelor liniei, descrește, cu excepția cazului cînd secțiunea precedentă asigură secțiunea mai mică (a ramificației) ;

— la ieșirea din contorul de tarifare al întreprinderii furnizoare de energie, dacă lungimea coloanei dintre contor și tabloul general este mai mare de 12 m.

Siguranțele se aleg astfel încît să aibă valori descrescătoare de la sursă spre receptor, realizîndu-se o protecție selectivă, în scară, de la receptor către tabloul general și către instalația exterioară, a întreprinderii distribuitoare.

Circuitele protejate trebuie să aibă siguranțe pe toate fazele. Nu se asigură însă cu siguranțe conductoarele de nul și neutru la circuitele bifazate cu trei conductoare și la circuitele trifazate cu patru conductoare.

Circuitele de măsură, semnalizare, control sau automatizare se asigură ca niște consumatori obișnuiți, prevăzîndu-se însă controlul continuității funcționării circuitului.

Siguranțele unipolare cu mîner pot fi folosite și ca elemente de separare.

Întrerupătoarele automate cu contacte în ulei (Ditu) sînt de execuție închisă cu intrările și ieșirile executate etanș, cu filet și cu presetupă, sau cu cap terminal, după felul cum sînt executate circuitele de racord : cu tuburi IPE sau cu cabluri. Ele se vor monta în orice medii și în locuri unde sînt expuse loviturilor mecanice.

Întrerupătoarele automate cu contacte în aer (Dita) executate cu cutie de fontă (tip de protecție P 32 — STAS 5325-56) sau deschise (tip de protecție P00) se pot monta fie în medii umede cu vapori sau praf, fie în încăperi uscate și fără praf, după felul protecției.

Atît întrerupătoarele Ditu cît și cele Dita se pot acționa și de la distanță.

Contactoarele nu protejează consumatorii. Ele sînt însă folosite în instalații de comandă de la distanță.

I. DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE ÎN CURENT CONTINUU

Distribuția energiei electrice în curent continuu se realizează fie cu două conductoare, fie cu trei conductoare.

În cazul schemei cu două fire (fig. 5.7) între acestea există o tensiune de serviciu de 110 sau 220 V, utilizată atît la alimentarea locurilor de lampă *L*, pentru iluminat cît și a motoarelor electrice de curent continuu *M*. O astfel de schemă este foarte greu de echilibrat, orice receptor care se intercalează sau se scoate din rețea, influențînd funcționarea tuturor consumatorilor într-o măsură mai mare sau mai mică.

Pentru a realiza o îmbunătățire a distribuției în curent continuu se utilizează scheme de distribuție cu trei conductoare avînd două ten-

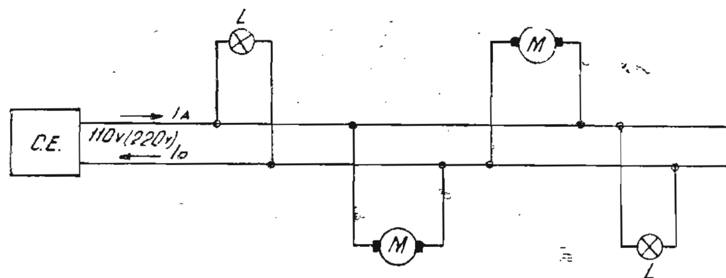


Fig. 5.7. Schema de distribuție a energiei electrice în curent continuu cu două fire :
CE — centrală electrică ; *L* — loc de lampă iluminat ; *M* — motor electric ; I_A și I_A — curenți ce străbat conductoarele.

siuni de serviciu separate, una pentru iluminat și alta pentru motoare (fig. 5.8). Aceste tensiuni pot fi pentru iluminat de 110 V și respectiv 220 V, iar pentru forță 220 V sau 440 V. Prin alegerea unei astfel de scheme, căreia i se adaugă și un grup compensator, se realizează un randament sporit în exploatare, o investiție în condiții tehnico-economice mai avantajoase și o mult mai mare siguranță și continuitate de ali-

mentare. Firul neutru O folosește la realizarea unei echilibrări a rețelei în funcțiune, prin compensare. El este parcurs de un curent $I_o = I_A - I_B$, ce reprezintă diferența dintre curenții celor două fire aflate la cea mai mare tensiune (440 V). Cînd cei doi curenți I_A și I_B

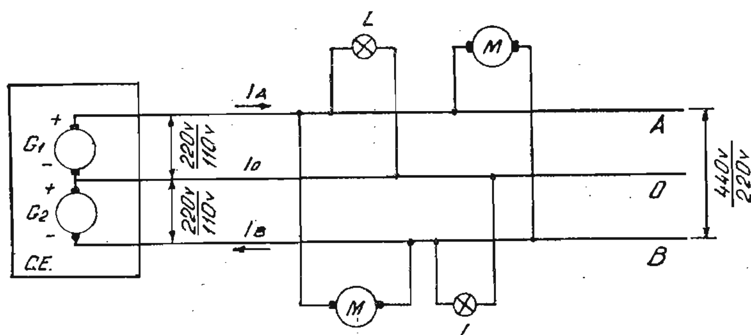


Fig. 5.8. Schema de distribuție a energiei electrice în curent continuu în trei fire :

G_1, G_2 — generatoare de curent continuu ; L — loc de lampă ; M — motor ; I_A, I_B, I_O — curenții din condensator.

sînt egali, rețeaua funcționează echilibrat și prin urmare prin conductorul neutru O circulă un curent $I_o = 0$. Această situație însă este foarte greu de realizat, cu atît mai greu cu cît rețeaua este mai întinsă ; într-adevăr, prin scoaterea sau introducerea unui receptor în rețea (prin punerea sau scoaterea sa din funcțiune), în conductorul neutru va putea oricînd apare un curent I_o diferit de zero, care va da naștere unor căderi de tensiune (RI_o) pe linie ; aceasta atrage după sine o variație de tensiune la bornele celorlalte receptoare.

Pentru a elimina acest neajuns se recurge la intercalarea în rețea a unui grup compensator, care echilibrează sarcina pe linie, între aceasta și centrala electrică, curentul din conductorul neutru rămînînd mereu egal cu zero (fig. 5.9 și 5.10). Grupul compensator funcționînd în apropierea centrului de greutate al consumului, poate fi constituit din două dinamuri-generatoare de compensare G_c (fig. 5.9) egale ca putere, racordate fiecare la o altă punte, unul între firele A și O celălalt între firele B și O. Ambele funcționează cu aceeași turație. În cazul în care rețeaua este echilibrată deci prin firele A și B circulă curenți egali $I_A = I_B$, prin firul neutru curentul va fi $I_0 = 0$ iar ambele dinamuri vor funcționa în gol, ca motoare de curent continuu, alimentate din rețea.

La apariția unui dezechilibru în rețea, deci în cazul în care I_A este diferit de I_B, una din punți este mai mult încărcată decît cealaltă și prin firul neutru circulă un curent I_o diferit de 0. În acest caz, dinamul aflat pe puntea mai puțin încărcată funcționează mai departe ca motor ce consumă curent din rețea. Acest dinam, în regim de motor, antrenează celălalt dinam care intră în regim de generator și produce curentul necesar compensării, astfel încît firul neutru între grupul compensator

și centrala electrică nu va mai fi parcurs de curent (deci $I_0 = 0$ pe tonsonul arătat).

Compensarea se mai poate face și cu ajutorul a două grupuri egale, de elemente de acumulatoare (fig. 5.10), alcătuite într-o baterie. Puntea care este mai încărcată preia diferența de sarcină datorată consumatorilor

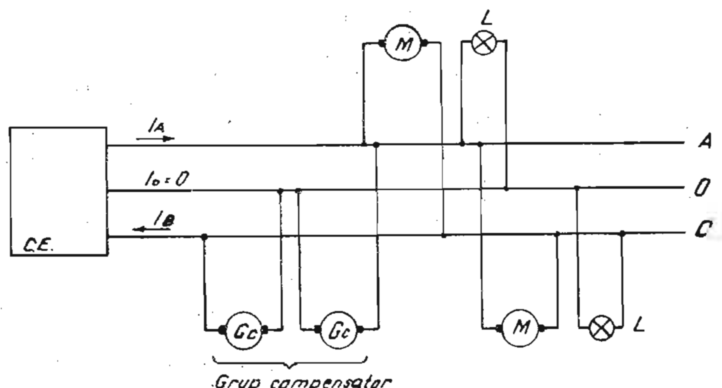


Fig. 5.9. Schema de distribuție a energiei electrice în curent continuu, cu trei fire și cu grup compensator, alcătuit din două dinamuri.

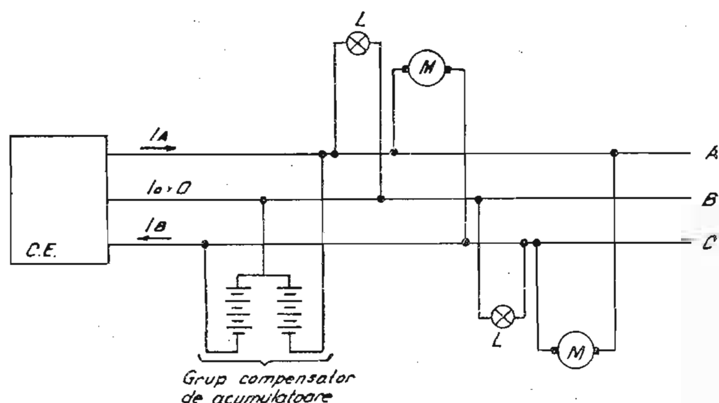


Fig. 5.10. Schema de distribuție a energiei electrice în curent continuu, cu trei fire și cu grup compensator alcătuit din baterii de acumulatoare.

racordați la această punte, din partea de baterie de acumulatoare racordată la ea. Puntea care este mai puțin încărcată cedează surplusul de energie electrică, nesolicitat de consumatori, celeilalte părți din bateria de acumulatoare care o absoarbe. În acest fel tensiunea se menține cît mai constantă.

Ruperea firului neutru, în cazul acestor scheme, provoacă avarii prin creșterea bruscă a tensiunii la bornele receptoarelor și de aceea, este necesară o verificare periodică atentă a rețelei, în vederea preîntîmpinării acestui neajuns. Pentru reducerea pericolului de electrocutare firul neutru se leagă la pămînt.

J. DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE ÎN CURENT ALTERNATIV

Distribuția energiei electrice în curent alternativ se poate face monofazat printr-o linie cu un singur fir sau cu două și cu trei sau patru fire în distribuția alternativ trifazată.

Distribuția printr-o linie cu un singur conductor (fig. 5.11). Deoarece prin această schemă de distribuție nu se poate realiza la receptor

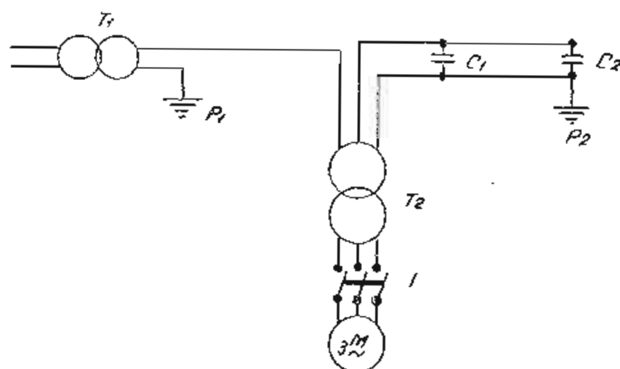


Fig. 5.11. Schema de distribuție în curent alternativ cu un singur fir: T_1 — transformator monofazat; T_2 — transformator trifazat; C_1, C_2 — condensatoare; I — întrerupător; M — motor trifazat; P_1, P_2 — prize de pămînt.

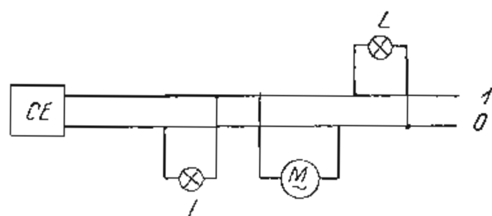


Fig. 5.12 Schema de distribuție în curent alternativ monofazat cu două conductoare.

o echilibrare pe cele trei faze ale motorului M, respectiv ale transformatorului T_2, motorul nu funcționează la puterea nominală și atinge numai pînă la 80% din această putere, cu consecințe economice mai puțin avantajoase.

Soluția este folosită rar, la acționarea receptoarelor de pe utilaje mobile cum sînt macaralele, tractoarele etc.

Distribuție monofazată alternativă cu două conductoare (fig. 5.12). Deoarece motoarele electrice de puteri mai mari monofazate sînt mai complicate și mai costisitoare, iar pe de altă parte însăși exploatarea rețelei ridică probleme mai dificile, această soluție este mai puțin folosită, constituind o soluție utilizată mai mult în tracțiunea electrică.

Distribuții bifazate, cu trei sau cu patru conductoare (fig. 5.13 și 5.14). În acest fel de distribuție există un ansamblu de doi curenți.

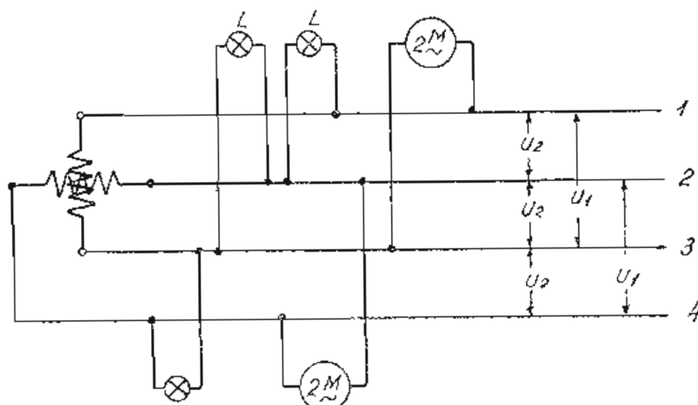


Fig. 5.13 Schema de distribuție bifazată de curent alternativ, cu patru fire: *L* — lampă; *M* — motor.

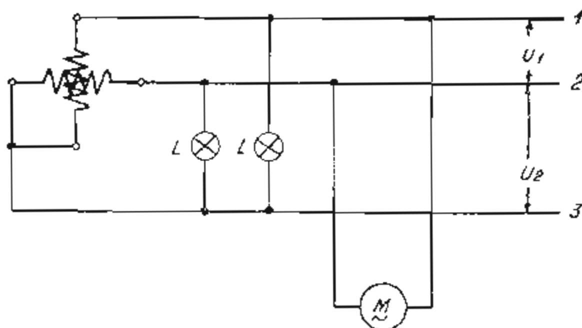


Fig. 5.14. Schema de distribuție bifazată de curent alternativ, cu trei fire: *L* — lampă; *M* — motor.

monofazați transportați pe trei sau patru fire, avînd două tensiuni U_1 și U_2 legate prin relația:

$$U_2 = \frac{U_1}{\sqrt{2}} = 0{,}71\ U_1.$$

Aceste distribuții nu mai sînt utilizate, fiind înlocuite de sistemul de distribuție alternativă trifazată cu conductor neutru.

Distribuția alternativă trifazată comportă două soluții. după felul în care sînt legate bobinajele generatorului și anume o soluție în care generatorul este legat în triunghi (fig. 5.15) și cealaltă cu generatorul legat în stea (fig. 5.16). În ambele soluții distribuția se face pe trei fire.

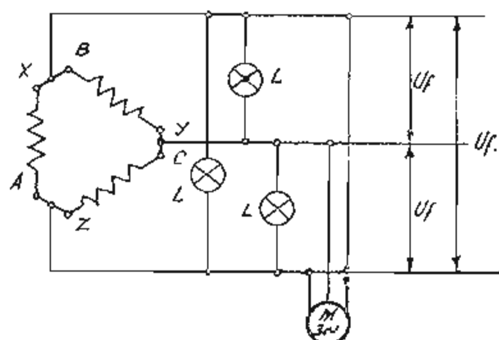


Fig. 5.15. Schema de distribuție trifazată, cu bobinajele generatorului legate în triunghi.

Curenții alternativi trifazați sînt produși în generatoare care au fiecare cîte trei înfășurări, numite faze, așezate astfel încît atît tensiunile cît și curenții din faze să fie decalați în timp, unul față de altul, cu o treime de perioadă.

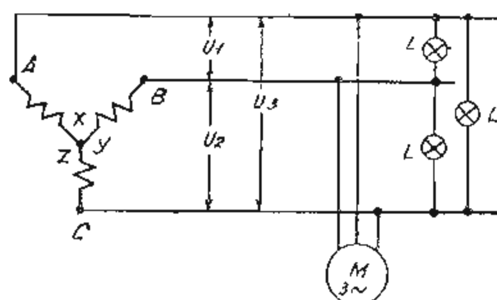


Fig. 5.16. Schema de distribuție trifazată cu bobinajele generatorului legate în stea.

În cazul schemei în triunghi, cele trei faze sînt legate așa cum este arătat în figură, de unde rezultă că :

$U_1 = U_2 = U_3 = U_f$, unde U_f este tensiunea pe fază.

Dezavantajul acestei scheme constă în aceea că nu se dispune decît de un singur rînd de tensiuni, atît pentru consumatorii de forță cît și pentru cei de iluminat, lucru care devine periculos în exploatarea rețelei. Pe de altă parte, o astfel de schemă limitează posibilitățile de acționare ale receptoarelor de putere mai mare ; ea permite numai un număr redus de soluții, deoarece receptoarele nu mai pot fi pornite cu mijloace de reducere a curentului de pornire.

Același lucru se poate afirma și în ceea ce privește schema de distribuție trifazată, în care bobinajele generatorului sînt legate în stea

(fig. 5.16) unde la fel se dispune de un singur rînd de tensiuni atît pentru motoare cît și pentru iluminat.

Pentru eliminarea dezavantajelor arătate la schema de distribuție trifazată, s-a creat o altă schemă, care cuprinde un al patrulea fir, schema trifazată cu patru conductoare. Această ultimă schemă este cel mai des folosită în rețelele de curent alternativ de joasă tensiune. Cel de al patrulea conductor, numit conductor neutru sau de nul, se leagă în punctul comun O, al bobinajelor generatorului, fiind în același timp legat și la pămînt (fig. 5.17).

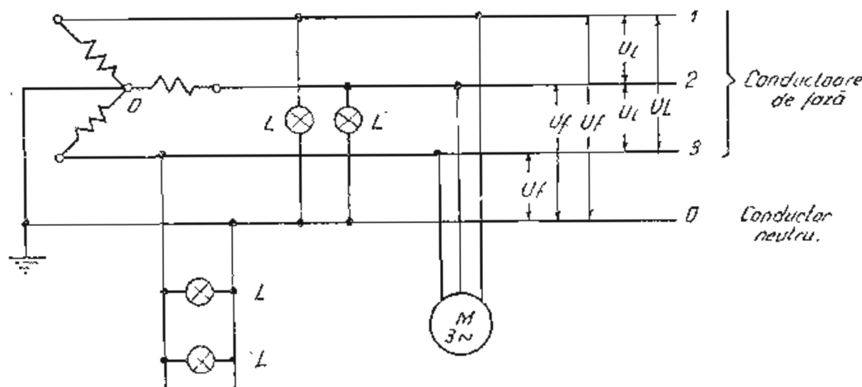


Fig. 5.17. Schemă de distribuție trifazată cu patru conductoare, în stea, cu nulul legat la pămînt.

Receptoarele monofazate, după felul lor, sînt legate fie între două conductoare de fază, fie între un conductor de fază și conductorul neutru, iar cele trifazate la cele trei conductoare de fază.

În cazul distribuției trifazate cu patru conductoare se dispune de două tensiuni, diferite ca mărime. Tensiunea existentă între un conductor de fază și conductorul neutru se numește tensiune de fază U_f. Există trei asemenea tensiuni de fază, egale între ele.

Tensiunea existentă intre două conductoare de fază se numește tensiune de linie U_1, fiind mai mare decît tensiunea de fază. Între cele două tensiuni există următoarea relație :

$$U_1 = \sqrt{3} \cdot U_f = 1,73\ U_f\ .$$

Există rețele de 380/220 V la care prima tensiune — 380 V — reprezintă tensiunea de linie (dintre două conductoare de fază) iar a doua, 220 V, reprezintă tensiunea pe fază (dintre conductorul de fază — oricare din cele trei conductoare — și conductorul neutru). Mai există și rețele de 220/127 V.

Legarea la pămînt a punctului neutru sau a conductorului neutru are scopul de a limita tensiunea față de pămînt la valoarea tensiunii unei faze (U_f).

În cazul în care punctul neutru nu este legat la pămînt, iar unul dintre conductoarele de fază se rupe și se pune accidental la pămînt, celelalte două conductoare de fază au față de pămînt tensiunea de linie $U_l = \sqrt{3} \cdot U_f$, situație foarte periculoasă pentru oamenii și animalele care ar atinge întîmplător un conductor de fază, pus la pămînt.
Cînd punctul neutru este pus la pămînt, punerea la pămînt accidentală a unui conductor de fază produce scurtcircuitarea fazei respective. Curentul de scurtcircuit arzînd siguranța de protecție a fazei, topește fuzibilul acesteia și întrerupe alimentarea circuitului.

K. DETERMINAREA SECȚIUNII PENTRU ELEMENTE CE DEPĂȘESC SARCINILE NORMALE ÎN INSTALAȚIILE DE FORȚĂ

La circuitele de lumină și priză care cuprind un număr normat de receptoare (12 lămpi, 8 prize etc.) conductoarele au secțiuni fixate prin normativ (v. tabela 5.2). Se poate fixa și un număr sporit de receptoare de iluminat pe un circuit, cu condiția calculării secțiunii conductoarelor acestor circuite.

Conductoarele se dimensionează după următoarele criterii :
— pe baza încălzirii admisibile ;
— prin calculul pierderii admisibile de tensiune ;
— prin calculul mecanic.

1. Dimensionarea secțiunilor pe baza încălzirii admisibile

Prin calculul pe baza încălzirii admisibile se urmărește a se determina o secțiune de conductor, care să permită un transport de energie în condiții economice avantajoase, fără ca elementele conductoare parcurse de curent să se încălzească peste o anumită temperatură limită. Există trei regimuri de funcționare și anume :
— funcționarea cu curenți nominali de durată ;
— funcționarea cu curenți de suprasarcină de scurtă durată, care sînt curenți de pornire în cazul motoarelor asincrone ;
— funcționarea cu curenți de scurtcircuit de scurtă durată, care apar în cazul unei avarii a instalațiilor.

Dintre aceste regimuri, primele două sînt regimuri normale de funcționare iar ultimul este un regim accidental. Acțiunea acestuia poate fi limitată prin măsuri corespunzătoare, cum sînt montarea siguran-

țelor fuzibile și a dispozitivelor de protecție prin relee care acționează asupra întrerupătoarelor automate.

Utilizarea siguranțelor fuzibile, cu acțiune rapidă de declanșare, conduce la dimensionarea secțiunii conductoarelor, fără a se ține seama de curenți de scurtcircuit.

În circuitele protejate prin întrerupătoare automate, cu acțiunea temporizată prin reglaje, secțiunea conductoarelor se calculează ținîndu-se seama de încălzirea conductoarelor în regimul curenților de scurtcircuit de scurtă durată.

La trecerea unui curent printr-un conductor, ca urmare a efectului termic al curentului, conductorul se încălzește. Cantitatea de căldură Q_1 produsă la trecerea curentului electric se deduce din legea lui Joule-Lenz :

$$Q_1 = k\,R\,I^2\,t \qquad 5.1$$

unde :

k este coeficient de proporționalitate, echivalentul caloric al energiei electrice ;

R — rezistența conductorului ;

I — curentul ce parcurge conductorul ;

t — durata de trecere a curentului.

Căldura ce ia naștere se împarte în două părți. Prima parte se acumulează în conductor, și îi ridică temperatura ; a doua parte se dispersează în spațiul înconjurător, constituind o pierdere de energie.

Temperatura conductorului crescînd după un anumit timp se stabilizează la o anumită valoare. Din acest moment, în conductor nu se mai acumulează căldură, temperatura sa rămînînd constantă. De aici înainte, întreaga căldură dezvoltată de curent se împrăștie în mediul înconjurător.

Cantitatea de energie care se pierde este cu atît mai mare cu cît diferența dintre temperatura conductorului și cea a mediului înconjurător este mai mare.

Temperatura conductorului însă, nu trebuie să depășească o anumită valoare, legată de natura conductorului, dar mai ales de natura izolației acestuia.

Normele în vigoare prevăd următoarele valori pentru temperatura maximă admisibilă a conductorului :

— conductoarele neizolate +70°C ;

— conductoarele cu izolație de cauciuc +55°C ;

— conductoarele izolate cu hîrtie +80°C ;

— cabluri CYY și ACYY — cu izolație de PCV — de la +30 la +60°C ;

— cabluri CYYB, ACYYB, CYYBI și ACYYBI — cu izolație PCV, cu benzi metalice și iută — de la +30°C la +40°C.

Temperatura maximă admisibilă este mai mare în cazul conductoarelor neizolate, deoarece neexistînd izolația, răcirea conductoarelor se face mai repede.

La conductoarele învelite cu mai multe straturi de protecție (izolație, benzi de oțel sau iută) răcirea este mai lentă și temperatura maximă admisibilă trebuie să fie mai mică.

Izolația joacă un rol important. Astfel, conductoarele îmbrăcate cu izolație de cauciuc sau PCV se pot încărca cu curenți mai mici decît cele învelite cu izolație de hîrtie sau cu izolație de bumbac. Hîrtia și respectiv bumbacul, rezistă la o temperatură superioară aceleia la care cauciucul începe să-și piardă calitățile izolatoare și să se topească.

Siguranța (STAS 452-53, 453-53, 455-53) are două părți componente : fuzibilul și corpul siguranței. Ea este caracterizată prin doi curenți nominali : curentul nominal al corpului siguranței și curentul nominal al fuzibilului.

Într-un corp de siguranță avînd o anumită valoare pentru curentul său nominal, se pot monta fuzibile cu curenți nominali diferiți, cel mai mare avînd valoarea curentului nominal al corpului.

La alegerea siguranțelor fuzibile trebuie avute în vedere condițiile următoare :

— topirea fuzibilului trebuie să aibă loc înainte ca temperatura conductorului să depășească valoarea maximă admisibilă. Deci :

$$I_{nf} < I_{max\ adm} ,$$

unde :

I_{nf} este curentul nominal al fuzibilului ;
$I_{max.\ adm}$ — curentul maxim admisibil corespunzător temperaturii maxime admisibile a conductorului ;

— fuzibilul nu trebuie să se topească în regim normal de exploatare, la curentul nominal, deci :

$$I_{nf} > I_e .$$

unde :

I_e este curentul nominal (efectiv) de exploatare ;

— valoarea fuzibilului care protejează circuitul unui motor electric asincron, în cazul siguranțelor cu inerție termică mică, trebuie să fie astfel încît să nu se topească la trecerea curentului de pornire, deci :

$$I_{nf} \geqslant \frac{I_{porn}}{\alpha},$$

unde :

I_{porn} este curentul de pornire al fiecărui motor asincron luat din tabelele fabricilor de motoare. În general $I_{porn} = (5...8)\ I_n$;

α — coeficientul care caracterizează condițiile de pornire ale motoarelor, respectiv timpul pînă la intrarea în regim nominal de turație.

Cînd se determină secțiunea conductoarelor unui circuit alimentînd un tablou, la care sînt racordate mai multe receptoare, curentul maxim în conductor — $I_{c.\,max}$ — care ia naștere, atunci cînd toate receptoarele funcționează la curenți nominali iar cel mai mare motor, pus în funcțiune, absoarbe la pornire curentul maxim $I_{porn\cdot max}$, se determină cu formula :

$$I_{c.\,max} = m \sum_{1}^{n-1} I_i + I_{porn\cdot max}$$

în care :

m este un coeficient care ține seama că nu toate receptoarele aflate pe circuitul căruia i se determină secțiunea și care intră în calcul, sînt încărcate la capacitatea nominală și sînt simultan în funcție ;

$\sum_{1}^{n-1} I_i$ — suma curenților nominali ai tuturor receptoarelor ce se consideră în funcțiune simultan, fără a cuprinde receptorul cu cel mai mare curent de pornire (n-1 receptori) ;

$I_{porn\cdot max}$ — curentul de pornire al celui mai mare motor.

În acest caz valoarea fuzibilului care protejează tabloul se determină astfel :

$$I_{nf} \geqslant \frac{I_{c\,max}}{\alpha}.$$

În calcul prin urmare, se ține seama de cea mai grea situație în care toate motoarele, cu excepția celui cu cel mai mare curent de pornire. funcționează în regim normal, în momentul în care acest din urmă motor este pus în funcțiune și deci solicită rețeaua la cea mai mare sarcină.

În cazul în care secțiunea calculată satisface condițiile impuse prin cel mai dificil regim de pornire, toate celelalte situații, de dificultate mai mică, vor fi neapărat satisfăcute.

Coeficientul α, care caracterizează condițiile de pornire ale motoarelor are următoarele valori :

— 2,5 pentru instalații cu motoare asincrone în scurtcircuit, cu condiții normale de pornire (porniri rare în gol și cu o durată de pornire ce nu depășește 10 sec.) ;

— 1,6 pînă la 2 pentru instalații cu motoare asincrone în scurtcircuit, cu condiții grele de pornire (deci porniri în gol dese, sau porniri în sarcină cu durata mai lungă, ajungînd la 40 sec.).

Secțiunea conductoarelor se determină pe baza încălzirii admisibile cu ajutorul unor tabele. Normativul cuprinde tabele cu intensități maxime admisibile de durată pentru conductoare, cabluri, bare etc., de cupru, aluminiu sau oțel. Stabilind regimul nominal de lucru și curentul de exploatare, se calculează apoi valoarea curentului nominal

al fuzibilului, după care reținînd valoarea maximă se alege din tabele secțiunea corespunzătoare.

Exemplul de calcul 5.1. La postul de transformare cu tensiunea 380/220 V pe partea de joasă tensiune, se racordează rețeaua unui consumator industrial, care are mai multe utilaje acționate cu ajutorul motoarelor asincrone grupate pe tabloul din figura 5.18. Tabloul de distribuție al abonatului se racordează

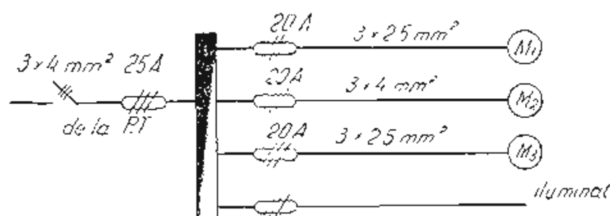


Fig. 5.18. Tabloul și schema de distribuție a unui consumator industrial.

la barele postului trafo, printr-un cablu cu patru conductoare, ce urmează a se instala aparent pe zidurile încăperii în care temperatura aerului este de +30°C. Din acest tablou de distribuție, se alimentează cele trei motoare electrice și instalația de iluminat prin conductoare de cupru cu izolație de cauciuc, montate aparent pe role. Primul și al treilea motor are puterea de 5 kW fiecare, avînd rotorul în scurtcircuit, randamentul la plină sarcină 0,87, iar factorul de putere $\cos \varphi = 0,87$. Coeficientul său de încărcare este de 0,9. Cel de al doilea motor are puterea de 10 kW, randamentul $\eta = 0,9$, factorul de putere $\cos \varphi = 0,87$, iar coeficientul de încărcare 1,0.

Cercetînd normativul și tabelele fabricilor furnizoare se stabilesc următoarele :

— motoarele de 5 kW pot fi pornite direct avînd o tensiune de 380 V. Deci curentul lor de pornire, dat în tabelele fabricii, are valoarea $I_p = (5...8)\ I_n$. Se ia în calcule $I_p = 5\ I_n$;

— motorul de 10 kW din considerente legate de procesul tehnologic are pornirea cu reostat de pornire și deci curentul de pornire poate fi luat $I_p = 2\ I_n$.

Să se determine valoarea siguranțelor fuzibile și secțiunile cablului în condițiile calculului pe baza încălzirii admisibile.

Toate datele problemei se trec în tabela 5.4.

Tabela 5.4

Rezultatul calculelor exemplului 5.1

Motorul	Puterea P kW	Curent de pornire I_p A	Randament η	Factor de putere cos φ	Coeficient de încărcare	Curent nominal I_n A	Curent efectiv I_e A	Curent nominal fuzibil I_{nf} A	Curent I conductor I_c A	Secțiunea conductor s mm²
M_1	5	$5\ I_n$	0,87	0,87	0,9	10	9	20	9	2,5
M_2	10	$2\ I_n$	0,90	0,87	1,0	19,4	19,4	20	20	4
M_3	5	$5\ I_n$	0,87	0,87	0,9	10	9	20	9	2,5

Curenții nominali ai motoarelor:

— motorul M_1 și M_2

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \eta \cos \varphi}$$

unde:

$P = 5$ kW $= 5\,000$ W;

$U = 380$ V; $\eta = 0{,}87$; $\cos \varphi = 0{,}87$.

Deci:

$$I_n = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}87} = 10 \text{ A}.$$

Motoarele M_1 și M_3 au deci curenții nominali $I_n = 10$ A.
Această valoare se trece în tabela 5.4;
— motorul M_2 are curentul nominal:

$$I_n = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}9} = 19{,}4 \text{ A}.$$

Se trece și această valoare în tabelă.
Ținînd seama de coeficienții de încărcare, se determină curenții nominali de exploatare I_e. Astfel pentru motoarele M_1 și M_3:

$$I_{e1} = 0{,}9 \cdot 10 = 9 \text{ A},$$

iar pentru motorul M_2:

$$I_e = 1{,}0 \cdot 19{,}4 = 19{,}4 \text{ A}.$$

Curenții nominali ai fuzibilelor:

După prima condiție, pentru motoarele M_1 și M_3:

$$I_{nf} \geqslant I_e; \qquad \text{deci: } I_{nf} = 9 \text{ A}.$$

După a doua condiție legată de curentul de pornire:

$$I_{nf} \geqslant \frac{I_{p \cdot max}}{\alpha},$$

Motoarele M_1 și M_3 au pornire rară, cu durată scurtă și deci coeficientul $\alpha = 2{,}5$. Pe de altă parte, după datele luate din tabelele fabricii furnizoare, curentul de pornire este $I_p = 5\, I_n$.
Deci:

$$I_n = \frac{I_{p \cdot max}}{\alpha} = \frac{5 \cdot 10}{2{,}5} = 20 \text{ A}.$$

Comparînd cele două situații rezultate, se vede că la pornire situația este mai grea, cerînd un curent nominal al fuzibilului de 20 A.

În consecință, fuzibilul se dimensionează după această condiție. Din tabele se alege, un fuzibil de 20 A, care protejează conductorul de cupru cu secțiunea de 2,5 A.

Secțiunea conductorului se determină, impunînd condiția după care curentul admisibil din conductor I_c să depășească cel puțin curentul normal de exploatare pe durată lungă I_e.
Deci :

$$I_c \geqslant I_e \quad \text{sau} \quad I_c = 9 \text{ A}.$$

Din tabele rezultă că cea mai apropiată valoare pentru curentul admisibil din conductor este 10 A. Acestei valori îi corespunde o secțiune de conductor de 1,5 mm².

Deoarece în instalațiile de forță, așa cum rezultă din tabela 5.2 (cu secțiuni minime) se admit conductoare cu secțiuni de cel puțin 2,5 mm² se alege această secțiune.

Se procedează la fel și pentru motorul M_2 scriind condițiile :

$$I_{nf} \geqslant I_e, \text{ de unde rezultă } I_{nf} = 19{,}4 \text{ A}.$$

Deoarece acest motor se pornește cu reostat, fuzibilul va fi :

$$I_{nf} \geqslant \frac{I_{p \cdot max}}{\alpha} = \frac{2.19{,}4}{2} = 19{,}4 \text{ A} \cong 20 \text{ A},$$

unde : $\alpha = 2$ și $I_{p \cdot max} = 2\, I_n = 2 \cdot 19{,}4 = 38{,}8$ A.

Se alege fuzibilul cu un curent nominal de 20 A, protejînd conductorul cu secțiunea de 2,5 mm².

Determinînd secțiunea conductorului se obține :

$$I_c \geqslant I_e; \quad \text{deci : } I_c = 20 \text{ A}.$$

Se alege secțiunea conductorului $s = 4$ mm², ținînd seama și de faptul că temperatura mediului este de +30°C.

Toate datele obținute se trec în tabela 5.4.

Pentru dimensionarea fuzibilelor siguranțelor generale protejînd întregul tablou, se procedează astfel :

$$I_{n \cdot f} \geqslant \frac{I_{c \cdot max}}{\alpha} = \frac{m \sum_{1}^{n-1} I_i + I_{porn \cdot max}}{\alpha} = \frac{0{,}9\,(10+10) + 2.19{,}4}{2{,}5} = 22{,}7\ A;$$

înlocuind :

$m = 0{,}9$, deoarece nu toate motoarele sînt încărcate la valoarea nominală ;

$\sum_{1}^{2} I_i = 10 + 10$ suma curenților nominali ai celor două motoare de 5 kW fiecare (M_1 și M_3) ;

$I_{porn \cdot max} = 2\, I_n = 2 \cdot 19{,}4$ — curentul de pornire al motorului M_2 pornit cu reostat.

$\alpha = 2{,}5$ pentru porniri ușoare.

Se alege o siguranță de 25 A, protejînd un conductor de cupru AFi de 4 mm².

2. Dimensionarea secțiunilor pe baza pierderii admisibile de tensiune

Prin calculul secțiunii conductoarelor pe baza pierderii admisibile de tensiune, se urmărește a se determina o secțiune capabilă să transporte sarcina de serviciu, în condiții economice, astfel încît de la punctul de

alimentare al consumatorului și pînă la receptor, pierderea de tensiune să nu depășească o anumită valoare maximă, încadrîndu-se astfel în limitele admise de normativ.

O secțiune mică de conductor atrage după sine o economie de metal, deci investiția are un preț de cost avantajos.

Dacă se ține seama de efectele ce însoțesc curentul electric, mai ales de efectul termic, se trage concluzia că secțiunile mai mici prezintă rezistențe mai mari, deoarece rezistența este invers proporțională cu secțiunea :

$$R = \frac{\rho l}{s};$$

unde :

R este rezistența conductorului ;

s — secțiunea conductorului parcurs de curent ;

ρ — rezistivitatea materialului conductorului ;

l — lungimea conductorului parcursă de curent.

Deci pierderile de energie electrică, conform legii Joule-Lenz sînt proporționale cu rezistența, mărindu-se pe măsură ce secțiunea descrește, pentru aceeași putere transportată. Această pierdere de energie electrică are loc pe tot traseul dintre punctul de alimentare și receptor, pe toată durata funcționării acestuia, deci atîta timp cît curentul parcurge conductorul.

La punctul de alimentare a receptorului există o tensiune disponibilă, condiționată de felul și natura rețelei publice și de felul în care această rețea este exploatată de consumatorii racordați. Cu cît pierderea de tensiunea pe coloana de alimentare este mai mare, cu atît scade tensiunea disponibilă în punctul de alimentare, rezultînd pentru receptor o anumită tensiune disponibilă la borne. Această tensiune la borne, nu poate fi mai mică decît o anumită valoare minimă, sub care, receptorul funcționînd mai departe, se poate deteriora. De aici rezultă obligativitatea limitării căderii de tensiune de-a lungul coloanei de alimentare, pentru ca scăzîndu-se din tensiunea la punctul de alimentare această cădere admisibilă de tensiune, să rămînă totuși la bornele receptorului o tensiune cu o valoare care să asigure funcționarea sigură și fără pericol a receptorului.

Pentru aceasta secțiunea conductoarelor se determină pe baza pierderii de tensiune admisibile, în baza următoarelor condiții și ipoteze :

— pierderile de tensiune (căderile) efective ΔU_e pe circuitele considerate să nu depășească pierderile admisibile de tensiune ΔU_{adm}, adică :

$$\Delta U_e \leqslant \Delta U_{adm}.$$

Ipotezele în care se determină secțiunile la pierderea de tensiune admisibilă, sînt :

— păstrarea secțiunii constante pentru conductoare în lungul tronsoanelor rețelei considerate ;

— densitatea de curent constantă în conductoarele rețelei ;

— volumul materialului folosit în conductor să fie minim, pentru a realiza o condiție optimă a prețului de cost.

În acest fel, pierderea de tensiune pe o linie de curent continuu sau alternativ se definește ca diferența algebrică dintre tensiunile de la capetele sale.

În cazul liniilor de curent alternativ, tensiunile de la capete pot diferi nu numai prin valorile algebrice ci și prin decalajele lor. La alegerea secțiunii interesează însă numai diferența algebrică a tensiunilor, deoarece aceasta determină valoarea eficace a tensiunilor la bornele consumatorilor.

a. **Calculul secțiunii în funcție de căderea de tensiune, în curent continuu.** Se consideră linia de curent continuu alimentată în punctele *A* și *B*. De aici sînt alimentați consumatorii C_1, C_2 și C_3, ai căror curenți nominali sînt : i_1, i_2 și respectiv i_3 (fig. 5.19).

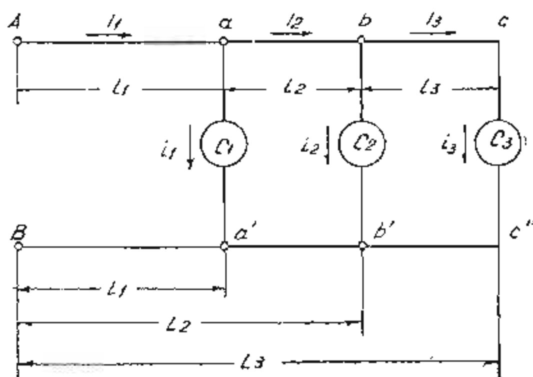


Fig. 5.19. Schema bifilară a unui circuit de curent continuu.

Dacă se notează cu l_1, l_2, l_3 lungimea diferitelor tronsoane *Aa*, *ab*, *bc*, cu I_1, I_2, I_3 curenții pe fiecare dintre aceste tronsoane, cu L_1, L_2 și L_3 distanța de la fiecare consumator pînă la punctul de alimentare, pierderile de tensiune pe fiecare dintre aceste tronsoane vor fi :

— pe tronsonul *Aa* : $\Delta U_1 = 2 R_1 I_1$;

— pe tronsonul *ab* : $\Delta U_2 = 2 R_2 I_2$;

— pe tronsonul *bc* : $\Delta U_3 = 2 R_3 I_3$;

unde R_1, R_2, R_3 sînt rezistențele pe care curentul continuu le întîmpină la trecerea sa prin fiecare porțiune de circuit.

Cum, în general, la trecerea unui curent printr-un circuit rezistența ohmică este :

$$R = \frac{\rho l}{s},$$

rezultă :

$$\Delta U_1 = 2 \frac{\rho l_1}{s} I_1 ; \Delta U_2 = 2 \frac{\rho l_2}{s} I_2 ; \Delta U_3 = 2 \frac{\rho l_3}{s} I_3 .$$

Pierderea de tensiune admisibilă maximă are loc între punctele *A* și *c* deci pentru consumatorul cel mai îndepărtat de punctul de alimentare. Această pierdere de tensiune reprezintă suma pierderilor de

tensiune de pe fiecare porțiune de circuit, deoarece curentul care trebuie să ajungă la consumatorul cel mai depărtat străbate pe rînd fiecare din porțiunile de circuit aflate între punctul de branșare și consumatorul C_3. Curentului i_3 i se adaugă pe rînd la fiecare punct de branșare curenții i_2 și respectiv i_1 ai celorlalți consumatori C_2 și C_1. În acest fel, căderea totală de tensiune pe întregul circuit este :

$$\Delta U_T = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = \frac{2\rho l_1}{s} I_1 + \frac{2\rho l_2}{s} I_2 + \frac{2\rho l_3}{s} I. \qquad 5.2$$

Deoarece rezistivitatea materialului este aceeași pe fiecare porțiune, întrucît se presupune că conductoarele sînt din același material și au aceeași secțiune de-a lungul întregului circuit, ρ și s se pot da factor comun și formula devine :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s} (l_1 I_1 + l_2 I_2 + l_3 I_3).$$

În paranteză sînt trei termeni, fiecare reprezentînd produsul dintre lungimea tronsonului și curentul ce străbate tronsonul considerat. În general, în paranteză apar atîți termeni cîte tronsoane sînt. În acest fel formula generală devine :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s} \cdot \sum_1^n l_i \cdot I_i, \qquad 5.3$$

unde : $\sum_1^n l_i I_i$ este suma produselor dintre curentul pe tronson și lungimea tronsonului respectiv, cuprinzînd atîți termeni cîte tronsoane sînt.

Dacă în această formulă se înlocuiește căderea de tensiune totală cu căderea de tensiune maximă admisibilă, se poate afla secțiunea capabilă, care asigură o pierdere de tensiune mai mică decît cea maximă admisă :

$$\Delta U_{max \cdot adm.} = \frac{2\rho}{s} \cdot \sum_1^n l_i I_i, \qquad 5.4$$

de unde :

$$s = \frac{2\rho}{\Delta U_{max \cdot adm}} \sum_1^n l_i \cdot I_i. \qquad 5.5$$

Cu formula 5.3 se poate face verificarea căderii de tensiune, pentru secțiuni de conductoare luate din tabelele aflate în uz.

În cazul în care cu secțiunea aleasă din tabele se obține o cădere de tensiune ΔU_T mai mare decît cea maximă admisibilă, se alege o secțiune imediat superioară și se reface calculul de verificare. Se consideră secțiunea optimă, aceea pentru care se obține o cădere de tensiune apropiată de valoarea celei maxime admisibile, fără ca să o depășească.

Formula 5.5 este o relație de calcul, cu care se obține secțiunea conductorului, punîndu-se condiția ca să nu se depășească căderea de tensiune maximă admisibilă după normele în vigoare.

Pentru a lucra cu această formulă este necesar a se cunoaște lungimile parțiale ale tronsoanelor și curenții din aceste tronsoane. Curentul care circulă în fiecare tronson se obține prin însumarea curenților consumatorilor aflați după tronsonul considerat.

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3;\ I_2 = i_2 + i_3;\ I_3 = i_3$$

unde : i_1, i_2, i_3 sînt curenții nominali ai consumatorilor ;
I_1, I_2, I_3 — curenții care circulă în tronsoane.

Înlocuind aceste valori în formula căderii totale de tensiune se obține :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}\left[l_1(i_1 + i_2 + i_3) + l_2(i_2 + i_3) + l_3 i_3\right] \qquad 5.6$$

sau :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}\left[i_1 l_1 + i_2(l_1 + l_2) + i_3(l_1 + l_2 + l_3)\right]. \qquad 5.7$$

Deoarece :

$l_1 = L_1$ este distanța de la punctul de alimentare pînă la punctul de racord al consumatorului C_1 ;
$l_1 + l_2 = L_2$ — distanța dintre punctul de alimentare pînă la punctul de racord al consumatorului C_2;
$l_1 + l_2 + l_3 = L_3$ — distanța de la punctul de alimentare și pînă la racordul consumatorului C_3, se obține :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}(i_1 L_1 + i_2 L_2 + i_3 L_3), \qquad 5.8$$

și deci :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}\sum_1^n i \cdot L. \qquad 5.9$$

Fiecare din produsele iL reprezintă momentele sarcinilor electrice față de punctul de alimentare.

Înlocuind pe ΔU_T cu $\Delta U_{max\,adm}$ se obțin două formule :

— formula de verificare a căderii de tensiune :

$$\Delta U_{max\,adm} = \frac{2\rho}{s}\sum_1^n L_i i_i\ ; \qquad 5.10$$

— formula de calcul a secțiunii conductoarelor :

$$s = \frac{2\rho}{\Delta U_{max\,adm}} \cdot \sum_1^n L_i i_i\,. \qquad 5.11$$

Circuitul de curent continuu mai poate fi reprezentat și prin schema din figura 5.20.

Relațiile dintre intensitatea, puterea absorbită și tensiunea curentului continuu sînt :

$$i_1 = \frac{p_1}{U};\ i_2 = \frac{p_2}{U};\ i_3 = \frac{p_3}{U}.$$

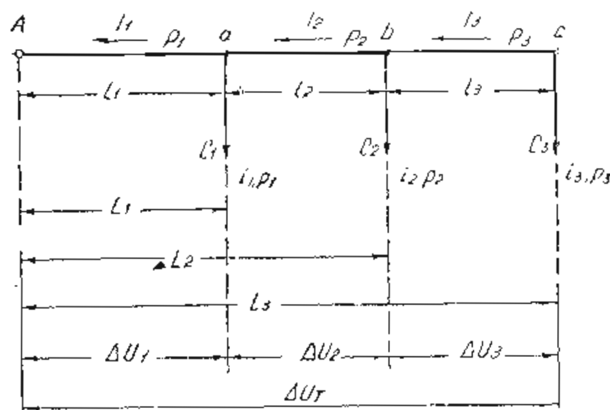


Fig. 5.20. Schema unifilară a unui circuit de curent continuu.

Înlocuind aceste valori în formula 5.8 se obține :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}\left(\frac{p_1}{U}\cdot L_1 + \frac{p_2}{U}\cdot L_2 + \frac{p_3}{U} L_3\right). \qquad 5.12$$

Deoarece tensiunea U este constantă pe fiecare porțiune de traseu, relația devine :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{U\cdot s}[L_1 p_1 + L_2 p_2 + L_3 p_3]. \qquad 5.13$$

În acest caz formula de verificare a căderii de tensiune va fi :

$$\Delta U_{max\ adm} = \frac{2\rho}{U\cdot s}\cdot\sum_1^n L_i p_i, \qquad 5.14$$

iar formula de calcul a secțiunii :

$$s = \frac{2\rho}{U\,\Delta U_{max.adm}}\sum_1^n L_i p_i. \qquad 5.15$$

Dacă intensitățile curenților din tronsoane I_1, I_2, I_3 sînt date de relațiile :

$$I_1 = \frac{P_1}{U};\ I_2 = \frac{P_2}{U};\ I_3 = \frac{P_3}{U};$$

unde :

$$P_1 = p_1 + p_2 + p_3;\ P_2 = p_2 + p_3;\ P_3 = p_2$$

înlocuind în relația 5.4 valorile curenților în funcție de putere se obține :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{s}\left(l_1 \frac{P_1}{U} + l_2 \frac{P_2}{U} + l_3 \frac{P_3}{U}\right). \quad 5.16$$

sau :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{Us}(l_1 P_1 + l_2 P_2 + l_3 P_3), \quad 5.17$$

și în general :

$$\Delta U_T = \frac{2\rho}{U \cdot s} \cdot \sum_1^n l_i P_i. \quad 5.18$$

Din formula 5.18 se deduce :

— formula de verificare a căderii de tensiune în funcție de puterile consumatorilor :

$$\Delta U_{max} = \frac{2\rho}{Us} \cdot \sum_1^n l_i P_i ; \quad 5.19$$

— formula de calcul a secțiunii :

$$s = \frac{2\rho}{U \Delta U_{max \cdot adm}} \cdot \sum_1^n l_i P_i . \quad 5.20$$

Exemplul de calcul 5.2. Fie o linie de curent continuu funcționînd la tensiunea U de 110 V, care alimentează patru lămpi. Conductoarele liniei proiectate se execută din aluminiu, care are o rezistivitate de $\frac{1}{34} \frac{\Omega\, mm^2}{m}$. Se cere secțiunea conductoarelor liniei, constantă pe toată lungimea acesteia, ținînd seama de căderea de tensiune maximă admisibilă care conform normativului este de 3% din tensiunea de serviciu a liniei (fig. 5.21).

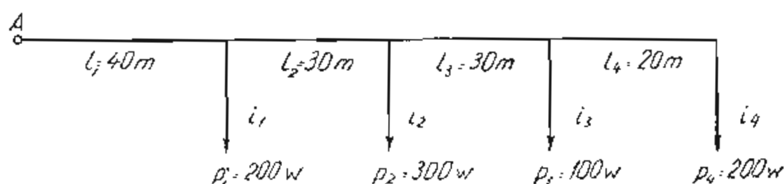


Fig. 5.21. Schema unifilară a unei linii de curent continuu.

Căderea maximă de tensiune admisibilă este :

$$\Delta U_{max \cdot adm} = \frac{3}{100} \cdot 110 = 3{,}3\ V.$$

Pentru aflarea secțiunii se aplică formula 5.15 deoarece se cunosc puterile individuale ale consumatorilor iar distanțele se pot afla cumulînd lungimea segmentelor l:

$$s = \frac{2\rho}{U \Delta U_{max}} (L_1 p_1 + L_2 p_2 + L_3 p_3 + L_4 p_4).$$

$$s = \frac{2 \frac{1}{34}}{110 \cdot 3,3} [40 \cdot 200 + (40 + 30) \cdot 300 + (40 + 30 + 30) 100 + (40 + 30 + 30 + 20) 200]$$

$$s = \frac{2 \cdot 63\,000}{34 \cdot 110 \cdot 3,3} = 10,16 \text{ mm}^2 \simeq 10 \text{ mm}^2$$

S-a ales secțiunea de 10 mm² fiind foarte apropiată de cea ieșită din calcul, următoarea secțiune standardizată fiind de 16 mm².

Problema ar fi putut fi rezolvată și în alt mod, aflîndu-se valorile curenților nominali ai consumatorilor și utilizîndu-se formula 5.11.

b. **Calculul secțiunii în funcție de căderea de tensiune în curentul alternativ monofazat.** Se consideră o linie electrică monofazată, alimentînd un consumator monofazat (fig. 5.22). Schema este monofilară și alimentează un receptor R_c, care absoarbe un curent eficace I, avînd factorul de putere cos φ. Lungimea liniei este L.

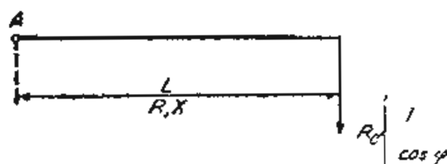


Fig. 5.22. Schema monofilară a unei linii de curent alternativ monofazat.

Pentru determinarea căderii de tensiune de-a lungul liniei, de la punctul de alimentare A și pînă la receptorul R_c, se construiește grafic diagrama vectorială de funcționare a liniei (fig. 5.23). Diagrama se construiește cu vectorul tensiunii de linie $\overline{U}_1$ (între conductoare) la bornele receptorului R_c, vectorul intensității curentului $\overline{I}$ absorbit de receptorul R_c, făcînd cu tensiunea la bornele acestuia un unghi de defazaj φ și cu vectorul tensiunii $\overline{U}_A$, între conductoare în punctul de alimentare A.

Adunîndu-se vectorial vectorul $\overline{U}_1$ ce reprezintă tensiunea la bornele receptorului și vectorul cădere de tensiune $\Delta\overline{U}$, pe linie, se obține vectorul $\overline{U}_A$, adică tensiunea necesară în punctul de alimentare, conform relației:

$$\overline{U}_1 + \Delta\overline{U} = \overline{U}_A.$$

La trecerea unui curent printr-un consumator monofazat de exemplu un motor electric, se produce o *cădere de tensiune activă*, în fază cu curentul, provocată de trecerea acestuia prin rezistențele întîlnite în drum, și o *cădere de tensiune reactivă* decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului. Deoarece linia monofazată este alcătuită din două conductoare de lungime L, avînd fiecare rezistența R, atunci rezistența întîmpinată de curent de-a lungul liniei este $2R$. În acest caz, căderea de tensiune

activă este proporțională cu rezistența 2 R și cu curentul I, mărimea sa fiind 2 RI. Ea este în fază cu curentul I și se reprezintă în diagramă prin vectorul $\overline{ab}$ cu mărimea 2 RI.

Căderea de tensiune reactivă, provocată de componenta reactivă a curentului este la rîndul ei proporțională cu reactanța 2X și curentul I, avîndu-se în vedere că linia are două conductoare de reactanță X. Această

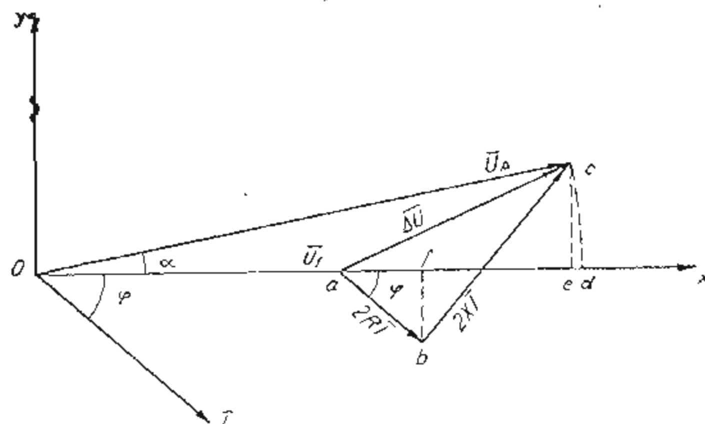


Fig. 5.23. Diagrama vectorială de funcționare a liniei monofazate cu un singur receptor.

cădere reactivă este reprezentată în diagramă, prin vectorul $\overline{bc}$, de mărime 2 X, avînd sensul de la b către c și fiind decalat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului, deci perpendicular pe vectorul curent I.

Din diagramă se deduce că vectorul $\overline{ac}$ care reprezintă căderea de tensiune totală pe linie, între punctul de alimentare și receptor, este tocmai rezultanta vectorilor $\overline{ab}$ și $\overline{bc}$.

Luînd cu compasul mărimea vectorului $\overline{U}_A$, deci a segmentului Oc, și rotindu-l în jurul punctului O, centrul sistemului de axe Oxy, se obține pe axa Ox, punctul d. Diferența algebrică dintre tensiunile U_A și U_1 poate fi considerată astfel egală cu segmentul ad.

Mai simplu, coborînd o perpendiculară din punctul c pe axa $O x$ se obține punctul e. Deoarece unghiul α, făcut de vectorul U_A cu axa Ox, deci cu vectorul $\overline{U_1}$ este în practică foarte mic, punctele e, c și d sînt foarte apropiate. În consecință se poate neglija diferența foarte mică ed și se consideră practic că $\overline{ac} = \overline{ad} = \overline{ae}$.

Dar $\overline{ac}$ este egal ca mărime cu căderea de tensiune totală a liniei și deci :

$$\Delta U = ac = af + fc\,.$$

Ținînd seama că :

$$af = ab \cos \varphi, \quad \text{și:} \quad fe = bc \sin \varphi$$

rezultă că :

$$\Delta U = ae = 2RI \cos \varphi + 2XI \sin \varphi. \qquad 5.21$$

Această mărime scalară obținută prin aproximație este denumită pierdere de tensiune sau cădere de tensiune. Înmulțind ambii membri ai egalității (5.21) cu valoarea tensiunii U se obține :

$$U \Delta U = 2RUI \cos \varphi + 2XUI \sin \varphi. \qquad 5.22$$

Cum însă în curent monofazat există relațiile :

$$P = UI \cos \varphi = \text{putere activă};$$

$$Q = UI \sin \varphi = \text{putere reactivă},$$

se obține :

$$U \Delta U = 2RP + 2XQ$$

$$\Delta U = 2\frac{RP + XQ}{U}. \qquad 5.23$$

Relațiile 5.22 și 5.23 se pot folosi la determinarea căderii de tensiune între punctul de alimentare și receptor, pe o linie monofazată cu secțiune cunoscută.

Pentru *determinarea secțiunii unei linii monofazate,* se procedează astfel :

— se alege în mod arbitrar o secțiune ;

— se calculează cu această secțiune, rezistența și reactanța liniei ;

— cunoscîndu-se valoarea curentului absorbit de receptor și factorul său de putere, se introduc aceste valori și valorile rezistenței R și reactanței X în formulele (5.22) sau (5.23), obținîndu-se o valoare pentru căderea totală de tensiune în condițiile secțiunii alese ;

— se compară valoarea obținută, cu valoarea maximă admisă de prescripții pentru căderea de tensiune.

În practică procesul se simplifică, deoarece reactanța liniei variază puțin în funcție de secțiune. De aceea, se procedează astfel :

— se alege din tabelele ce dau reactanța, în funcție de distanța între conductoare, o reactanță medie, prin apreciere ;

— înlocuind în formulele de calcul ΔU cu ΔU maxim admisibil după normativ, se calculează rezistența conductorului ;

— avîndu-se lungimea liniei, rezistența obținută și alegîndu-se materialul pentru conductoare (deci rezistivitatea), se poate determina secțiunea.

În rețelele interioare se poate neglija reactanța X, deoarece distanța între conductoare fiind mică, această valoare este neglijabilă. În această situație formula 5.22 devine :

$$\Delta U = 2RI \cos \varphi .$$

Deoarece :

$$R = \frac{\rho L}{s}$$

se obține :

$$\Delta U = 2 \frac{\rho L}{s} I \cos \varphi ,$$

sau :

$$\Delta U = 2 \frac{\rho L}{sU} U I \cos \varphi .$$

Cum :

$$U \cdot I \cos \varphi = P ,$$

se obține :

$$\Delta U = 2 \frac{\rho L}{s \cdot U} P .$$

Înlocuind mai departe ΔU cu ΔU maxim admisibil după norme se obțin formulele de calcul ale secțiunilor :

$$s = 2\rho \cdot \frac{L \cdot I \cos \varphi}{\Delta U_{max \cdot adm}} , \qquad 5.25$$

sau :

$$s = \frac{2 \rho L \cdot P}{U \Delta U_{max \cdot adm}} . \qquad 5.26$$

Exemplul de calcul 5.3. Un atelier este prevăzut cu un ventilator acționat de un motor monofazat, care absoarbe un curent $I = 10$ A, avînd factorul de putere $\cos \varphi = 0{,}87$. Motorul trebuie alimentat cu o linie monofazată avînd tensiunea 220 V. Se cere secțiunea conductoarelor, astfel încît căderea de tensiune maximă să nu depășească 5% din tensiunea nominală a liniei. Lungimea liniei $L = 150$ m. Conductoarele se execută din aluminiu cu rezistivitatea de $\frac{1}{34}\ \Omega\,mm^2/m$.

Căderea de tensiune maximă admisibilă este :

$$\Delta U_{max \cdot adm} = 5 \frac{U}{100} = 5 \frac{220}{100} = 11 \text{ V} ,$$

iar secțiunea :

$$s = \frac{2\rho L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U_{max \cdot adm}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10 \cdot 0{,}87}{34 \cdot 11} = 6{,}97 \text{ mm}^2 .$$

Se alege secțiunea imediat superioară, adică 10 mm².

Exemplul de calcul 5.4. Fie motorul electric monofazat cu randamentul de 0,85 şi cu o putere P_1 la arbore de 7.5 kW, alimentat printr-o linie monofazată cu conductoare de aluminiu, avînd lungimea de 125 m, tensiunea de alimentare fiind 220 V. Să se calculeze secţiunea conductoarelor, pentru o cădere de tensiune maximă admisibilă de 3%.

Căderea de tensiune maximă admisibilă va fi :

$$\Delta U_{max \cdot adm} = 3 \frac{U}{100} = 3 \frac{220}{100} = 6{,}6 \text{ V}.$$

Ţinînd seama de randamentul mecanic al motorului, puterea cerută de motor de la reţea este :

$$P_c = \frac{P_1}{\eta} = \frac{7{,}5}{0{,}85} = 8{,}8 \text{ kW} = 8\,800 \text{ W},$$

şi secţiunea :

$$s = \frac{2 \rho L P}{U \Delta U_{max \cdot adm}} = \frac{2 \cdot 125.8\,800}{34.220.6{,}6} = 44{,}9 \text{ mm}^2.$$

Se alege secţiunea imediat superioară, 50 mm².

c. **Calculul secţiunii în curent alternativ monofazat, în funcţie de căderea de tensiune, în cazul unei linii alimentînd mai multe receptoare.** Se consideră linia monofazată cu tensiunea nominală U_n care alimentează două receptoare monofazate (fig. 5.24) absorbind fiecare curenţii i_1 şi respectiv i_2. Receptoarele au factorii de putere $\cos \varphi_1$ şi $\cos \varphi_2$. Curenţii pe cele două tronsoane ale liniei de lungime l_1 respectiv l_2 sînt I_1 şi I_2.

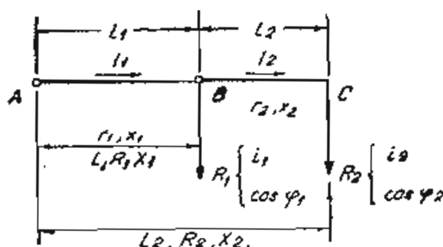


Fig. 5.24. Schema monofilară a unei linii monofazate cu două receptoare.

S-au notat cu l_1, r_1, x_1 şi respectiv l_2, r_2, x_2, lungimile, rezistenţele şi reactanţele unui conductor pe tronson, iar cu L, R, X, lungimile, rezistenţele şi reactanţele pe liniile ce ar alimenta fiecare receptor separat de la punctul A ; suprapunîndu-se întreaga linie are aceeaşi secţiune.

Diagrama vectorială de funcţionare a liniei este trasată în figura 5.25. Se porneşte de la tronsonul cel mai îndepărtat BC din figura 5.24 ; se trasează pe diagramă curentul absorbit de receptorul R_2, reprezentat prin vectorul $\bar{i}_2 = \bar{I}_2$, decalat faţă de tensiunea U_2 de la bornele receptorului R_2. Pe tronsonul BC, căderea de tensiune activă este reprezentată prin vectorul $2r_2\bar{I}_2$ paralel cu vectorul $\bar{i}_2 = \bar{I}_2$, cu care este în aceeaşi fază.

Pe acelaşi tronson, căderea reactivă este $2\,x_2\,\bar{I}_2$, decalată cu $\frac{\pi}{2}$ faţă de curentul I_2 şi deci perpendiculară pe acesta.

Compunînd acești trei vectori: vectorul tensiune $\overline{U}_2$ cu vectorii cădere de tensiune activă și cădere de tensiune reactivă pe tronsonul *BC*, se obține vectorul tensiune $\overline{U}_1$ la bornele primului receptor R_1, deci în punctul *B* din figura 5.24.

Curentul I_1 din tronsonul *AB*, se obține compunînd vectorial, cei doi curenți care îl alcătuiesc, $\bar{i}_1$ și $\bar{i}_2$.

Căderea de tensiune activă de pe tronsonul *AB* parcurs de curentul $\bar{I}_1 = \bar{i}_1 + \bar{i}_2$, este reprezentată în diagrama din figura 5.25, prin segmen-

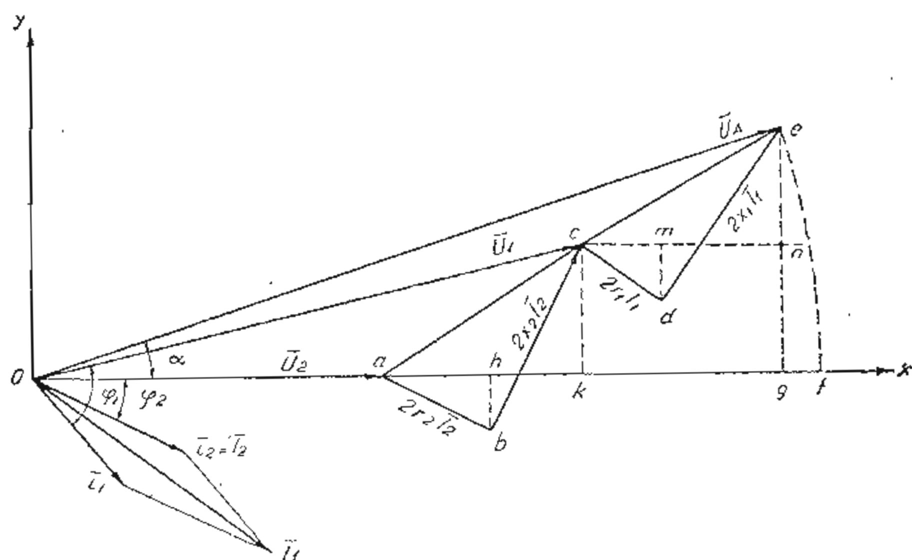


Fig. 5.25. Diagrama vectorială de funcționare a liniei monofazate alimentînd două receptoare R_1 și R_2.

tul *cd*, paralel cu vectorul curent al tronsonului *AB*, vectorul $\bar{I}_1$. De reținut că vectorul $\bar{i}_1$, curentul primului receptor R_1, este decalat față de tensiunea U_1 de la bornele sale, cu unghiul φ_1.

Căderea de tensiune reactivă pe tronsonul *AB* este $2x_1\bar{I}_1$, reprezentată prin segmentul *de*, perpendicular pe segmentul *cd*, deoarece căderea de tensiune reactivă este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului care i-a dat naștere, deci I_1.

Însumînd vectorul tensiune la bornele receptorului R_2 cu vectorii căderii de tensiune activă și reactivă de pe ambele tronsoane ale liniei *AC* se obține un contur închis prin vectorul $\overline{Oe}$, care reprezintă tensiunea necesară în punctul de alimentare $\overline{U}_A$:

$$\overline{U}_2 + 2r_2\bar{I}_2 + 2x_2\bar{I}_2 + 2r_1\bar{I}_1 + 2x_1\bar{I}_1 = \overline{U}_A.$$

Luînd în compas segmentul Oe și trasînd un arc de cerc în jurul punctului O, în sens orar, se obține punctul f :

$$\overline{Of} = \overline{Oe} = \overline{U}_A.$$

Dacă din tensiunea la punctul de alimentare se scade tensiunea la bornele receptorului R_2 se obține o diferență algebrică, a cărei mărime este egală cu căderea de tensiune de-a lungul liniei, din punctul de alimentare A și pînă în punctul C, de racordare al ultimului receptor R_2.

Considerînd și în acest caz că punctele e, f și g sînt foarte apropiate, deoarece în realitate unghiul α făcut de vectorul tensiune $\overline{U}_A$ cu axa Ox, deci cu vectorul $\overline{U}_2$ este foarte mic, se poate face aceeași aproximație, neglijînd segmentul gf, g fiind proiecția punctului e pe axa Ox.

În acest caz :

$$\overline{af} \cong \overline{ag}.$$

De asemenea în calcule se iau în considerație unghiurile de defazaj ale curenților receptoarelor și din tronsoane (i_1, i_2, I_1, I_2) față de aceeași tensiune $\overline{U}_2$ la bornele ultimului și cel mai îndepărtat receptor.

Ținînd seama de aceste aproximații, din figura 5.25 se poate scrie relația :

$$\Delta U = ag = ah + hk + cm + mn. \qquad 5.27$$

Dar :

$$ah = 2\, r_2\, I_2 \cos\varphi_2\, ;\ cm = 2\, r_1\, I_1 \cos\varphi_1\, ;$$

$$hk = 2\, x_2\, I_2 \sin\varphi_2\, ;\ mn = 2\, x_1\, I_1 \sin\varphi_1\, ;$$

și :

$$I_2 \cos\varphi_2 = I_{2a} \text{ — curentul activ ;}$$

$$I_2 \sin\varphi_2 = I_{2r} \text{ — curentul reactiv ;}$$

$$I_1 \cos\varphi_1 = I_{1a} \text{ — curentul activ ;}$$

$$I_1 \sin\varphi_1 = I_{1r} \text{ — curentul reactiv.}$$

Înlocuind în relația 5.27 se obține :

$$\Delta U = 2\, r_2\, I_{2a} + 2\, x_2\, I_{2r} + 2\, r_1\, I_{1a} + 2\, x_1\, I_{1r}, \qquad 5.28$$

sau :

$$\Delta U = 2\,(r_2\, I_{2a} + x_2\, I_{2r} + r_1\, I_{1a} + x_1\, I_{1r}).$$

Pentru cazul general relația devine:

$$\Delta U = 2\,\Sigma\,(r\, I_a + x\, I_r). \qquad 5{,}29$$

Dacă se ține seama că :

$$I_{1a} = i_{1a} + i_{2a}\, ;\quad I_{2a} = i_{2a}\, ;$$

$$I_{1r} = i_{1r} + i_{2r}\, ;\quad I_{2r} = i_{2r}\, ;$$

relația 5.28 devine :

$$\Delta U = 2 r_2 i_{2a} + 2 x_2 i_{2r} + 2 r_1 (i_{1a} + i_{2a}) + 2 x_1 (i_{1r} + i_{2r}).$$

Cum însă :

$$r_1 = R_1;\ r_1 + r_2 = R_2;\ x_1 = X_1;\ x_1 + x_2 = X_2;$$

rezultă :

$$\Delta U = 2 (R_1 i_{1a} + X_1 i_{1r} + R_2 i_{2a} + X_2 i_{2r}), \quad 5.30$$

și pentru cazul general

$$\Delta U = 2 \Sigma (R i_a + X i_r).$$

Dacă se ține seama de notațiile :

p_1, p_2, q_1, q_2 — puterile active și puterile reactive ale receptoarelor ;

P_1, P_2, Q_1, Q_2 — puterile active și reactive pe tronsoane, și înmulțind relația 5.28 cu tensiunea U se obține :

$$U \Delta U = 2 U (r_2 I_{2a} + x_2 I_{2r} + r_1 I_{1a} + x_1 I_{1r})$$

sau :

$$U \Delta U = 2 (r_2 U I_{2a} + x_2 U I_{2r} + r_1 U I_{1a} + x_1 U I_{1r}).$$

Cum însă :

$$U I_{2a} = U I_2 \cos \varphi_2 = P_2 ;$$

$$U I_{1a} = U I_1 \cos \varphi_1 = P_1 ;$$

$$U I_{2r} = U I_2 \sin \varphi_2 = Q_2 ;$$

$$U I_{1r} = U I_1 \sin \varphi_1 = Q_1 ;$$

relația devine :

$$U \Delta U = 2 (r_2 P_2 + x_2 Q_2 + r_1 P_1 + x_1 Q_1)$$

sau :

$$\Delta U = 2 \frac{r_1 P_1 + x_1 Q_1 + r_2 P_2 + x_2 Q_2}{U},$$

și în general :

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\Sigma (r P + x Q)}{U}. \quad 5.31$$

Același lucru se obține dacă se înmulțește relația 5.30 cu U, la numărător și numitor :

$$\Delta U = 2 \frac{R_1 p_1 + X_1 q_1 + R_2 p_2 + X_2 q_2}{U},$$

sau în general :

$$\Delta U = 2 \frac{\Sigma (R p + X q)}{U}, \quad 5.32$$

Pentru determinarea secţiunii se procedează şi de această dată la fel ca la capitolul precedent, prin încercări ca în cazul unei reţele cu un singur receptor. La fel ca la capitolul precedent, în cazul instalaţiilor interioare unde distanţa între conductoare este mică, iar reactanţa nu variază prea mult cu secţiunea, se pot simplifica formulele, renunţîndu-se la termenii de reactanţă :

$$\Delta U = 2 \Sigma r I_a = \frac{2\rho}{s} \Sigma l I_a ;$$

$$\Delta U = 2 \Sigma R i_a = \frac{2\rho}{s} \Sigma L i_a ;$$

$$\Delta U = 2 \Sigma \frac{rP}{U} = \frac{2\rho}{s \cdot U} \Sigma l P ;$$

$$\Delta U = 2 \Sigma \frac{Rp}{U} = \frac{2\rho}{s \cdot U} \Sigma L p .$$

Înlocuind pe ΔU cu căderea maximă admisibilă după norme, ΔU_{max} se obţin formulele de calcul pentru secţiune :

$$s = \frac{2\rho}{\Delta U_{max}} \Sigma l I_a ; \quad s = \frac{2\rho}{\Delta U_{max}} \Sigma L i_a \qquad 5.33$$

$$s = \frac{2\rho}{U \Delta U_{max}} \Sigma l P ; \quad s = \frac{2\rho}{U \Delta U_{max}} \Sigma L p$$

Exemplul de calcul 5.5. Să se execute linia monofazată (fig. 5.26) care alimentează cele patru receptoare monofazate cu caracteristicile :

R_1 : i_1 = 10 A ; cos φ_1 = 0,75 ; l_1 = 20 m ;
R_2 : i_2 = 15 A ; cos φ_2 = 0,80 ; l_2 = 10 m ;
R_3 : i_3 = 20 A ; cos φ_3 = 0,90 ; l_3 = 10 m ;
R_4 : i_4 = 15 A ; cos φ_3 = 0,75 ; l_4 = 20 m.

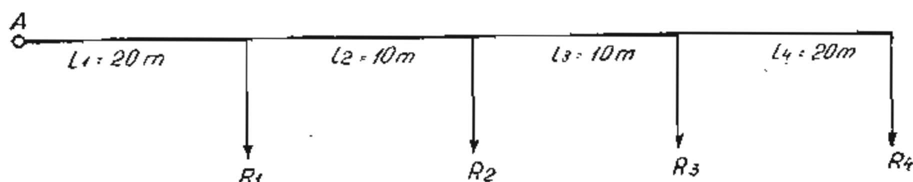


Fig. 5.26 Schema monofilară a unei linii monofazate cu patru receptoare

Tensiunea nominală a liniei este de 220 V, conductoarele sînt din aluminiu, iar căderea de tensiune maximă admisibilă este de 5%.

Căderea maximă admisibilă de tensiune este :

$$\Delta U_{max} = 5 \cdot \frac{U}{100} = 5 \cdot \frac{220}{100} = 11 \text{ V}.$$

$L_1 = l_1 = 20$ m ;
$L_2 = l_1 + l_2 = 20 + 10 = 30$ m ;
$L_3 = l_1 + l_2 + l_3 = 20 + 10 + 10 = 40$ m ;
$L_4 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 20 + 10 + 10 + 20 = 60$ m.

Inlocuind în formula 5.33

$$s = \frac{2\rho}{\Delta U_{max}} \Sigma L i_a = \frac{2\frac{1}{34}}{11} [(20.10.0,75) + (30.15.0,80) + (40.20.0,9) + (60.15.0,75)] =$$
$$= 10,18 \text{ mm}^2.$$

Se alege secțiunea imediat superioară, 16 mm².

Exemplul de calcul. 5.6. Intr-o instalație interioară (fig. 5.27), o linie cu două conductoare alimentează patru motoare electrice monofazate cu caracteristicile:

motorul M_1 : $p'_1 = 1$ kW ; $\eta_1 = 0,85$;
motorul M_2 : $p'_2 = 1,5$ kW ; $\eta_2 = 0,87$;
motorul M_3 : $p'_3 = 2,5$ kW ; $\eta_3 = 0,85$;
motorul M_4 : $p'_4 = 2$ kW ; $\eta_4 = 0,84$.

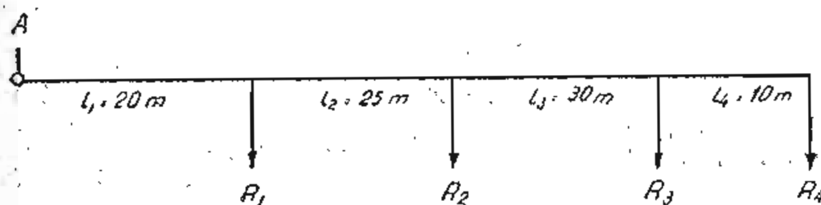


Fig. 5.27. Schema monofilară pentru exemplul de calcul 5.6.

Lungimile de tronsoane care le despart sînt :

$l_1 = 20$ m ; $l_2 = 25$ m ; $l_3 = 30$ m și $l_4 = 10$ m.

Tensiunea nominală a liniei este 220 V iar căderea de tensiune ΔU_{max} este 5%. Căderea de tensiune maximă admisibilă este

$$\Delta U_{max} = 5\frac{U}{100} = 5\frac{220}{100} = 11 \text{ V}$$

Puterile active cerute de motoare ținînd seama de randamente, sînt :

$$p_1 = \frac{p'_1}{\eta_1} = \frac{1}{0,85} = 1,176 \text{ kW} = 1\,176 \text{ W};$$

$$p_2 = \frac{p'_2}{\eta_2} = \frac{1,5}{0,87} = 1,724 \text{ kW} = 1\,724 \text{ W};$$

$$p_3 = \frac{p'_3}{\eta_3} = \frac{2,5}{0,85} = 2,941 \text{ kW} = 2\,941 \text{ W};$$

$$p_4 = \frac{p'_4}{\eta_4} = \frac{2}{0,84} = 2,380 \text{ kW} = 2\,380 \text{ W}.$$

Deoarece :

$$L_1 = l_1 = 20 \text{ m};$$
$$L_2 = l_1 + l_2 = 20 + 25 = 45 \text{ m};$$
$$L_3 = l_1 + l_2 + l_3 = 20 + 25 + 30 = 75 \text{ m};$$
$$L_4 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 20 + 25 + 30 + 10 = 85 \text{ m};$$

secțiunea va fi :

$$s = \frac{2}{34.220.11} [(20 \cdot 1\,176) + (45 \cdot 1\,724) + (75 \cdot 2\,941) + (85 \cdot 2\,380)]; \quad s = 12{,}73 \text{ mm}^2.$$

Se aleg conductoare de aluminiu cu secțiunea de 16 mm².

d. **Calculul secțiunii în funcție de căderea admisibilă de tensiune în cazul liniei trifazate echilibrate, alimentînd un receptor trifazat echilibrat.** Se consideră linia trifazată din figura 5.28 cu trei conductoare, alimentînd un singur receptor trifazat, cu fazele încărcate uniform, avînd lungimea L iar motorul absoarbe curentul I, avînd un factor cu putere cos φ.

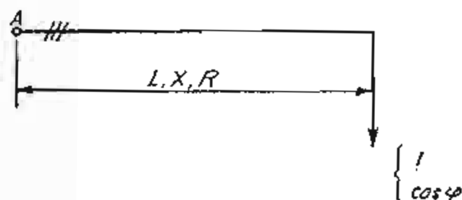


Fig. 5.28. Schema unei linii trifazate cu un singur receptor trifazat echilibrat.

Diagrama vectorială a funcționării liniei este reprezentată în figura 5.29. Vectorul curent I este defazat cu un unghi φ față de tensiunea V_1 pe fază, de la bornele receptorului. Vectorul $\overline{Oa}$ reprezintă tocmai această tensiune. Vectorul cădere de tensiune activă $\overline{RI}$, propor-

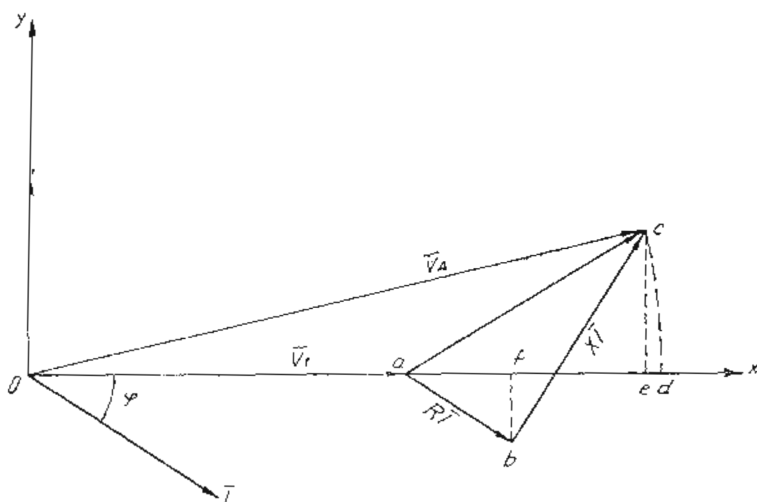


Fig. 5.29. Diagrama vectorială de funcționare a unei linii alimentînd un receptor trifazat echilibrat.

țional cu rezistența, pe distanța pînă la punctul de alimentare, în fază cu curentul I absorbit de receptor se trasează din punctul a paralel cu vectorul $\bar{I}$. Vectorul cădere de tensiune reactivă $\overline{XI}$, fiind perpendicular pe vectorul $\bar{I}$, se trasează deci perpendicular pe vectorul cădere de tensiune activă $\overline{RI}$

Tensiunile și căderile de tensiune sînt cele pe fază. Ca și în celelalte cazuri, tensiunea V_A, din punctul de alimentare, se determină însumînd vectorial diferența algebrică dintre tensiunile în punctul de alimentare și la bornele receptorului, cu tensiunea pe fază la bornele acestuia :

$$\bar{V}_1 + \Delta \bar{V} = \bar{V}_A .$$

Relația se verifică și scalar :

$$\Delta V = V_A - V_1$$

Neglijînd cantitatea mică reprezentată de segmentul *ed* se poate considera că *ae* este tocmai căderea de tensiune pe fază, căci :

$$\overline{Od} - \overline{Oa} = \overline{ad} \cong \overline{ae} .$$

Printr-un raționament analog celui făcut la capitolele anterioare se poate scrie :

$$\Delta V = ae = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi.$$

Înmulțind ambii membri ai egalității cu $\sqrt{3}$ se obține :

$$\sqrt{3}\, \Delta V = \sqrt{3}\, R \,.\, I \cos \varphi + \sqrt{3}\, X \,.\, I \sin \varphi ;$$

și ținînd seama că tensiunea pe fază $V_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} U$, în care U este tensiunea pe linie, se obține :

$$\Delta U = R \sqrt{3}\, I \cos \varphi + X \sqrt{3}\, I \sin \varphi .$$

Înmulțind ambii membri ai relației cu U se obține :

$$U \Delta U = R \sqrt{3}\, U \cdot I \cos \varphi + X \sqrt{3}\, U I \sin \varphi .$$

Dar :

$$\sqrt{3}\, U I \cos \varphi = P \text{ și } \sqrt{3}\, U I \sin \varphi = Q ,$$

și relația devine :

$$U \Delta U = RP + XQ,$$

de unde se obține căderea de tensiune ΔU :

$$\Delta U = \frac{RP + XQ}{U} . \qquad 5.34.$$

Pentru aflarea secțiunii în rețelele exterioare de transport se poate proceda la fel cum s-a arătat la capitolele anterioare.

În cazul instalațiilor interioare, deoarece reactanța este mică și nu variază mult cu secțiunea, se poate neglija termenul legat de reactanță și se obține :

$$U = \sqrt{3}\, R \cdot I \cos \varphi ;$$

și deci :

$$\Delta U = \sqrt{3}\, \rho \frac{l \cdot I}{s} \cos \varphi ,$$

de unde se scoate formula :

$$s = \frac{\sqrt{3} \rho\, l\, I \cos \varphi}{\Delta U_{max\ adm}} , \qquad 5.35$$

sau

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U} = \rho \frac{L \cdot P}{s \cdot U} ,$$

și deci formula de calcul a secțiunii :

$$s = \frac{\rho L \cdot P}{U \Delta U_{max\ adm}} . \qquad 5.36$$

Se remarcă înlocuirea căderii de tensiune oarecare ΔU cu căderea de tensiune maximă admisibilă, după norme, $\Delta U_{max \cdot adm}$; în acest caz cele două formule de calcul ale secțiunii sînt :

$$s = \frac{\sqrt{3} \rho\, L\, I \cos \varphi}{\Delta U_{max}} ; \qquad 5.37$$

$$s = \frac{\rho L P}{U \Delta U_{max}} .$$

Exemplul de calcul 5.7. Într-o instalație electrică interioară trebuie să se monteze o linie trifazată, cu conductoare de aluminiu și cu tensiunea U între faze de 380 V. Această linie în lungime de 100 m urmează să alimenteze un motor trifazat cu fazele egal încărcate, avînd puterea la arbore de 10 kW și factorul de putere cos φ de 0,86, randamentul său fiind 0,9.

Să se determine secțiunea conductoarelor s, dacă se limitează căderea de tensiune la maximum 5%.

Căderea de tensiune este :

$$\Delta U_{max \cdot adm} = 5 \frac{U}{100} = 5 \frac{380}{100} = 19\ \text{V} .$$

Puterea activă cerută de receptor din rețea este :

$$P_a = \frac{P'}{\eta} = \frac{10}{0,9} = 11,2\ \text{kW} = 11\,200\ \text{W} ;$$

iar secțiunea :

$$s = \frac{\rho L P}{U \Delta U_{max \cdot adm}} = \frac{100 \cdot 11\,200}{34 \cdot 380 \cdot 19} = 4,5\ \text{mm}^2 .$$

Se alege secțiunea imediat superioară, de 6 mm².

e. **Calculul secțiunii conductoarelor, în funcție de căderea de tensiune într-o linie cu mai multe receptoare trifazate echilibrate.** Se consideră linia trifazată arătată în figura 5.30, alimentînd două receptoare trifazate

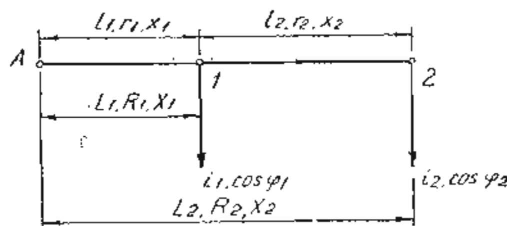


Fig. 5.30. Schema monofilară a unei linii trifazate.

cu fazele egal încărcate. Făcînd același raționament ca la curentul monofazat, se obțin relațiile (vezi relațiile 5.29...5.32) :

$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot\Sigma(r I_a + x I_r)\,;$$
$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot\Sigma(R i_a + X i_r)\,;$$
$$\Delta U = \frac{\Sigma(rP + xQ)}{U}\,; \qquad 5.38$$
$$\Delta U = \frac{\Sigma(Rp + Xq)}{U}\,.$$

În cazul instalațiilor interioare se poate neglija termenul legat de reactanță folosindu-se următoarele expresii de calcul a secțiunii :

$$s = \frac{\sqrt{3}\,\rho}{\Delta U_{max}}\sum l I_a\,; \quad s = \frac{\sqrt{3}\,\rho}{\Delta U_{max}}\sum L i_a\,; \qquad 5.39$$
$$s = \frac{\rho}{U\Delta U_{max}}\sum l P\,; \quad s = \frac{\rho}{U\Delta U_{max}}\sum Lp.$$

Exemplul de calcul 5.8. Într-un atelier se instalează patru utilaje, acționate de patru motoare electrice, ce sînt alimentate printr-o rețea trifazată cu conductoare de aluminiu, la tensiunea de serviciu de 380 V (fig. 5.31). Căderea de tensiune maximă admisibilă este 5%.

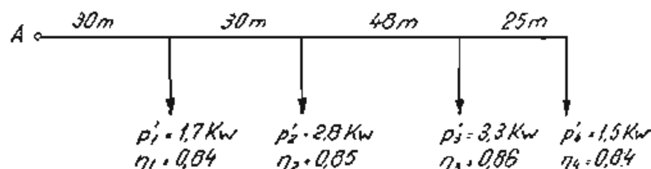


Fig. 5.31. Schema monofilară a unei linii trifazate, cu patru receptoare de forță.

Puterile și randamentele celor patru motoare la arbore sînt :

$p_1 = 1{,}7$ kW, randamentul $\eta_1 = 0{,}84$;
$p_2 = 2{,}8$ kW, randamentul $\eta_2 = 0{,}85$;
$p_3 = 3{,}3$ kW, randamentul $\eta_3 = 0{,}86$;
$p_4 = 1{,}5$ kW, randamentul $\eta_4 = 0{,}84$.

Distanțele sînt următoarele : $l_1 = 30$ m ; $l_2 = 30$ m ; $l_3 = 48$ m și $l_4 = 25$ m. Căderea de tensiune este :

$$\Delta U_{max} = 5 \cdot \frac{U}{100} = \frac{5 \cdot 380}{100} = 19 \text{ V}.$$

Apoi, se determină puterile necesare motoarelor :

$$p_1 = \frac{p_1'}{\eta_1} = \frac{1,7}{0,84} = 2,023 \text{ kW} = 2\,023 \text{ W};$$

$$p_2 = \frac{p_2'}{\eta_2} = \frac{2,8}{0,85} = 3,294 \text{ kW} = 3\,294 \text{ W};$$

$$p_3 = \frac{p_3'}{\eta_3} = \frac{3,3}{0,86} = 3,837 \text{ kW} = 3\,837 \text{ W};$$

$$p_4 = \frac{p_4'}{\eta_4} = \frac{1,5}{0,84} = 1,785 \text{ kW} = 1\,785 \text{ W}.$$

În continuare, se determină distanțele cumulate :

$$L_1 = l_1 = 30 \text{ m};$$
$$L_2 = l_1 + l_2 = 60 \text{ m};$$
$$L_3 = l_1 + l_2 + l_3 = 108 \text{ m}$$
$$L_4 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 133 \text{ m}.$$

și secțiunea conductoarelor :

$$s = \frac{1}{34 \cdot 380 \cdot 19} [30 \cdot 2\,023 + 60 \cdot 3\,294 + 108 \cdot 3\,837 + 133 \cdot 1\,785] = 3,7 \text{ mm}^2.$$

Se alege secțiunea superioară imediat următoare, 4 mm².

L. ALEGEREA APARATELOR DE PORNIRE ȘI A DISPOZITIVELOR DE PROTECȚIE

1. Caracteristicile de funcționare pentru motoare de curent continuu

Motoarele de curent continuu se construiesc cu excitație separată, cu excitație în derivație, serie sau mixtă. Cele cu excitația separată au aceleași criterii de funcționare cu cele cu excitația în derivație, dar sînt foarte puțin folosite.

a. **Motoarele cu excitație în derivație (fig. 5.32).** Tensiunea la bornele motorului este dată de relația :

$$U = E + I_a R_a, \qquad 5.40$$

în care :

U este tensiunea de alimentare ;
I_a — curentul care circulă în bobinajele indusului ;
R_a — rezistența bobinajelor indusului ;
E — forța contraelectromotoare.

Forța contraelectromotoare este proporțională cu fluxul inductor după relația :

$$E = k\, n\, \Phi,$$

unde :

k este coeficient de proporționalitate ;
n — turația ;
Φ — fluxul inductor.

Ținînd seama de ultima relație, relația 5.40 devine :

$$U = k\, n\, \Phi + I_a R_a$$

din care rezultă :

$$n = \frac{U - I_a R_a}{k \cdot \Phi}. \quad 5.41$$

La funcționarea în gol a motorului (fig. 5.33), cînd acesta nu acționează nici o sarcină, curentul absorbit de indus I_a este foarte mic. Rezultă că termenul $I_a R_a$ de la numărător este la rîndul lui mic și deci se poate neglija în raport cu tensiunea U. Variind curentul din bobinajul de excitație i_e, la funcționarea în gol a motorului, turația este cu atît mai mare cu cît acest curent scade. Cînd curentul din bobinajul de excitație este foarte mic, turația devine foarte mare și deci periculoasă pentru motor :

$$n = \frac{U}{k\Phi}.$$

Dacă curentul i_e scade, scade și fluxul Φ ; cum tensiunea U este constantă, rezultă că la scăderea numitorului, crește valoarea fracției, deci a turației.

La funcționarea în sarcină (fig. 5.34), pe măsura creșterii acesteia, la o valoare constantă a curentului de excitație i_e , motorul absoarbe un curent I_a , din ce în ce mai mare.

În acest caz, în formula 5.41 crește valoarea termenului $I_a R_a$ și deci scade turația, în condițiile în care numitorul rămîne constant. Cum însă fenomenul reacției indusului face să descrească valoarea fluxului Φ, de la un anumit moment, numitorul nu mai rămîne constant, ci scade și deci se manifestă o creștere oarecare a turației. Efectul de scădere a turației rămîne însă pe măsura creșterii sarcinii.

Motoarele cu excitație în derivație sînt utilizate în construcții și în industrie, pentru acționarea ascensoarelor, a unor mașini-unelte, pompe, ventilatoare, compresoare și în general în acționări în care este necesară o turație constantă.

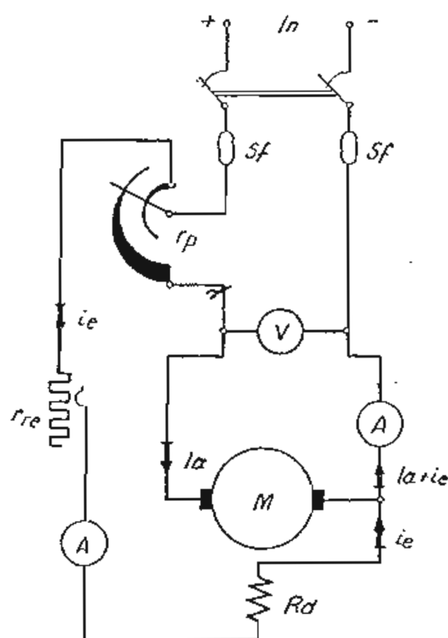


Fig. 5.32. Schema de montaj electric a motorului cu excitația în derivație: S_f — siguranțe fuzibile ; r_p — reostat de pornire ; i_e — curentul de excitație ; r_{re} — reostatul pentru reglajul fin al curentului de excitație ; R_d — bobinajul de excitație ; M — indusul motorului de curent continuu ; I_a — curentul absorbit de indus.

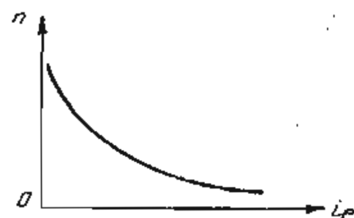


Fig. 5.33. Caracteristica de mers în gol a motorului cu excitație în derivație.

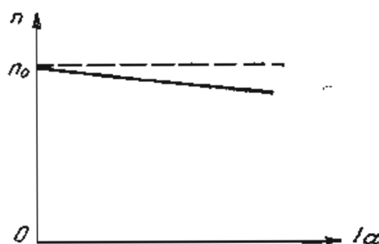


Fig. 5.34. Caracteristica $n=f\ (I_a)$, de funcționare în sarcină a motorului cu excitație în derivație.

b. **Motoarele cu excitație în serie (fig. 5.35).** Tensiunea la bornele motorului este dată de relația :

$$U = E + I\ (R_a + R_e) \qquad 5.42$$

unde :

U este tensiunea la borne ;

E — forța contraelectromotoare ;

R_a — rezistența bobinajului indusului ;

R_e — rezistența bobinajului de excitație ;

I — curentul absorbit de motor.

Dacă se ține seama de valoarea forței contraelectromotoare $E = kn\Phi$, atunci turația este dată de relația :

$$n = \frac{U - (R_a + R_e) I}{k \Phi}$$

Cum însă fluxul este proporțional cu curentul de sarcină $\Phi = k_1 I$, deoarece inductorul este străbătut de curentul absorbit I, rezultă :

$$n = \frac{U - (R_a + R_e) I}{k_2 I}. \quad 5.43$$

Din această relație se vede că turația n scade pe măsura creșterii numitorului, deci a curentului I. Acest lucru apare la creșterea sarcinei motorului. Turația mai poate scădea și prin creșterea celui de al doilea termen, de la numărător $(R_a + R_e)I$, dar această scădere este mică deoarece ultimul termen este mic în raport cu tensiunea U.

La mersul în gol, curentul I este foarte mic (numitorul este mic și numărătorul foarte mare) deci turația poate ajunge foarte mare și periculoasă. De aceea motorul nu se pornește niciodată în gol și nici nu este lăsat să funcționeze în gol ; sarcina minimă este de 25—20% din cea nominală.

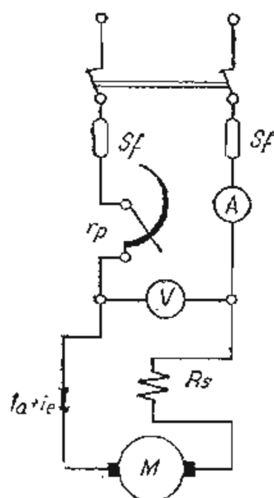


Fig 5.35. Schema de montaj electric a motorului de curent continuu cu excitație în serie : S_f — siguranțe fuzibile ; r_p — reostat de pornire ; R_s — bobinajul de excitație, serie ; M — indusul motorului.

Cuplul motor este dat de relația :

$$M = k \cdot I.$$

Din această relație se deduce că cuplul crește o dată cu creșterea curentului absorbit de motor (fig. 5.36). La pornire, cînd curentul de pornire I_p este foarte mare, cuplul motor este și el mare. aceasta este o calitate deosebită.

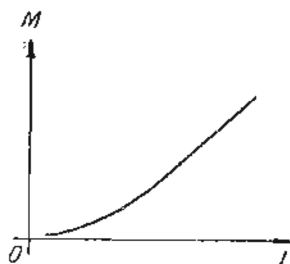


Fig. 5.36. Caracteristica cuplului motorului de curent continuu, cu excitație în serie.

Datorită acestei proprietăți motorul cu excitație serie este folosit în cazul pornirilor în plină sarcină și cu sarcini mari de vîrf, ca de exemplu, la ventilatoare de transport pneumatic, la unele mașini de ridicat, la poduri rulante etc. În aceste condiții motorul face față variațiilor mari ale cuplului, fără a se produce variații importante ale puterii absorbite.

c. Motoare de curent continuu cu excitație mixtă (fig. 5.37). Acest motor are o bobină de excitație serie R_s și o bobină de excitație derivație R_d, alcătuind împreună o excitație mixtă. Sensul de bobinaj este astfel executat, încît fluxurile ambelor bobine se pot aduna, rezultînd

astfel o excitație mixtă adițională sau se pot scădea, dînd în acest fel o excitație mixtă diferențială.

La motorul cu excitație mixtă adițională, se obține un flux mărit Φ la pornire și deci un cuplu motor mai mare ($M = k\Phi I$), dar viteza nu variază prea mult. Deci motorul nu se ambalează la mersul în gol datorită excitației derivație, care produce un flux suficient pentru limitarea vitezei. Motoarele cu excitație mixtă diferențială, se folosesc atunci cînd este nevoie de o turație constantă, efectul creșterii vitezei datorită excitației serie, fiind anihilat de efectul excitației derivație.

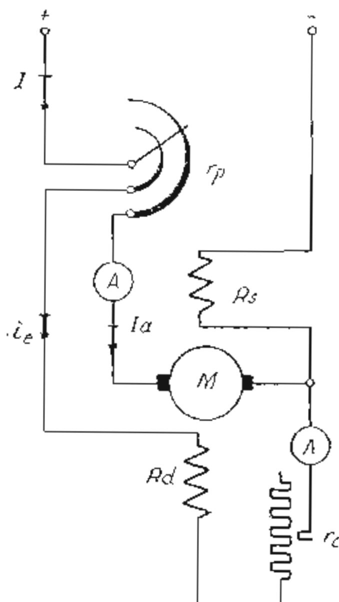


Fig. 5.37. Schema de montaj electric a motorului de curent continuu cu excitație mixtă : r_p — reostat de pornire ; R_s — bobină de excitație serie ; R_d — bobină de excitație derivație ; r_c — reostat de cîmp.

d. **Pornirea motoarelor de curent continuu.** Pornirea motoarelor de curent continuu se poate face în mai multe feluri :

— prin legarea directă la rețea, cu ajutorul unui întrerupător ;
— prin reducerea tensiunii aplicate motorului la pornire ;
— prin reglarea tensiunii sursei de alimentare.

În primul caz, la legarea directă în rețea a unui motor de curent continuu, motorul este alimentat direct la tensiunea rețelei, absorbind un curent de pornire I_a. Se produce un cuplu de pornire M_p, în timpul de pornire t_p.

Deoarece :

$$U = E + R_a I_a.$$

atunci :

$$I_a = \frac{U - E}{R_a}.$$

La pornire viteza este nulă ($n = 0$) și deoarece $E = k \cdot n \cdot \Phi$ și forța contraelectromotoare E este nulă. În consecință, în momentul pornirii curentul are valoarea :

$$I_a = \frac{U}{R_a}.$$

Cum rezistența R_a are o valoare mică, rezultă că la pornire directă, la întreaga tensiune a rețelei U, valoarea curentului de pornire poate ajunge foarte mare și deci periculoasă (pot apărea scîntei pe colector, o încălzire mare a indusului, o cădere de tensiune mare în rețea împiedicînd buna funcționare a celorlalți consumatori etc.). În consecință pornirea directă se poate face numai pentru motoare cu puteri foarte mici.

Motoarele mari necesită mijloace de micșorare a curenților de pornire. Se folosesc în acest scop rezistențe suplimentare, ce se intercalează în circuitul indusului, în serie cu rezistența R_a a acestuia. Aceste rezistențe variabile sînt numite reostate de pornire. În acest caz :

$$I_a = \frac{U}{R_a + r_{sp}},$$

în care r_{sp} este rezistența suplimentară variabilă la pornire.

Micșorarea curentului de pornire se mai poate face și prin scăderea valorii tensiunii de alimentare la pornire (micșorarea numărătorului fracției din membrul al doilea). Această metodă exclude utilizarea reostatului de pornire, fiind obișnuită în cazul instalațiilor de mare putere. Principalul dezavantaj al acestei metode este acela că necesită instalații suplimentare speciale.

Pornirea motoarelor de curent continuu prin cea de a treia metodă, de reglare a tensiunii sursei de alimentare, are același dezavantaj.

În concluzie, cea mai folosită metodă de pornire a motoarelor de curent continuu este aceea prin reostat de pornire, folosindu-se în acest scop reostate metalice răcite în ulei sau aer. Prin această metodă, la conectarea motorului la rețea, se introduce în circuitul indusului, întreaga rezistență a reostatului. Pe măsura creșterii turației motorului, se scot progresiv rezistențele din circuitul indusului, pînă la scoaterea integrală, a acestora, cînd motorul a căpătat turația nominală.

Reostatul este astfel dimensionat încît curentul de pornire I_p atinge o valoare de la 1,8 pînă la 2,5 ori curentul nominal I_n. Curentul de pornire nu poate fi însă mai mic, deoarece prin cuplul motor ce ia naștere, s-ar putea să nu fie învins cuplul rezistent și deci motorul să nu pornească.

Rezistența maximă a reostatului R_r se determină cu relația :

$$R_r = \frac{U}{I_{max}} - R_a.$$

În general acest reostat de pornire este combinat cu un reostat de cîmp, folosit pentru variația vitezei.

În cazul motoarelor cu excitație în derivație, reostatul de pornire nu trebuie să micșoreze și tensiunea excitației, pentru a nu reduce cuplul de pornire, care este proporțional cu fluxul. De aceea montajul este astfel realizat, încît la pornire, excitația să fie alimentată la întreaga tensiune a rețelei.

Operația de pornire a motoarelor cu excitație în derivație, începe cu așezarea reostatului pe contactul de întrerupere, continuîndu-se apoi cu închiderea întrerupătorului principal. După aceea se manevrează maneta reostatului de pornire, mărindu-se treptat tensiunea aplicată indusului pînă cînd turația a ajuns la valoarea sa nominală, cînd atingîndu-se ultimul contact al reostatului, se scurtcircuitează rezistența acestuia.

2. Caracteristicile de funcționare ale motorului asincron

Pentru înțelegerea fenomenelor ce însoțesc pornirea și funcționarea motoarelor asincrone, este necesar să se studieze variațiile vitezei de rotație, ale cuplului, ale randamentului și ale factorului de putere, în funcție de variația puterii furnizate de motor la arbore, considerîndu-se tensiunea și frecvența rețelei de alimentare constante.

La mersul în gol, viteza de rotație are o valoare apropiată de viteza de sincronism, alunecarea avînd o valoare foarte mică. O dată cu creșterea sarcinii, scade însă puțin turația: la sarcina nominală, această scădere nu depășește 5% din valoarea vitezei de sincronism. În consecință, caracteristica „viteză de rotație-putere, $n = f(P)$, poate fi reprezentată printr-o linie aproape dreaptă (fig. 5.38). De asemenea cuplul M variază de la mersul în gol pînă la mersul în sarcină plină. Randamentul η este afectat ca la orice mașină electrică de pierderi electrice în cupru, în fier și pierderi mecanice, unele dependente de sarcină, altele constante, astfel încît el variază o dată cu puterea, după o curbă reprezentată de asemenea în figura 5.38. Valoarea sa maximă se obține la circa 75% din puterea nominală.

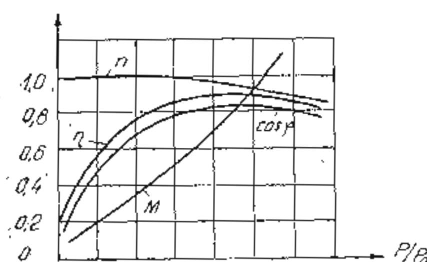


Fig. 5.38. Caracteristici de funcționare ale motorului asincron:
n — caracteristica vitezei de rotație; η — caracteristica randamentului; $\cos\varphi$ — caracteristica factorului de putere; M — caracteristica cuplului motor.

Factorul de putere cos φ, care la mers în gol, are o valoare foarte mică (cel mult 0,2) variază și el, crescînd o dată cu sarcina și ajunge la o valoare maximă, la sarcina nominală.

a. **Cuplul motorului asincron.** Cuplul electromagnetic al motorului asincron M, trebuie să învingă, în regim stabil de funcționare, cuplul rezistent M_r compus din însumarea cuplului la mers în gol, M_0 și cuplul rezistent util M_u.

Deci :

$$M = M_o + M_u = M_r.$$

Cuplul util M_u se datorește sarcinii ce urmează a fi acționată, iar cuplul la mers în gol M_o se datorește pierderilor mecanice ale motorului — pierderi prin frecări în lagăre, frecări cu aerul ale ventilatorului de răcire, în mișcare etc.

În primul moment, în care motorul este conectat la rețea, cînd rotorul nu se mișcă, cuplul este nul ($M = 0$) iar alunecarea $a = 1$. Cuplul de pornire M_p, care ia naștere, pune motorul în mișcare, învingînd cuplul rezistent M_r, făcînd să crească turația n.

Alunecarea este :

$$a = \frac{n_1 - n}{n_1};$$

unde :

n_1 este viteza de sincronism ;

n — viteza de rotație a rotorului.

La un moment dat, cînd viteza de rotație a căpătat o valoare constantă, alunecarea a devenit și ea constantă, iar regimul de funcționare stabil.

Variația cuplului este dată în figura 5.39. Pe abscisă se reprezintă alunecarea a de la valoarea 0 la $\pm$ 1. Din relația de mai înainte se

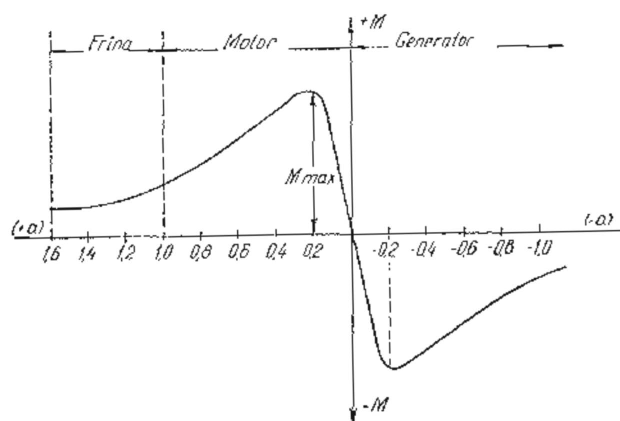


Fig. 5.39. Diagrama variației cuplului în funcție de alunecare, $M = f(a)$, la motorul asincron.

deduce că pentru punctul în care $a = 1$, $n = 0$ iar cînd $a = 0$ avem $n = n_1$ (viteza de sincronism). Curba de variație continuă, în stînga și în dreapta, pentru regimuri de funcționare ca frînă (stînga) și generator (dreapta). În ordonată se reprezintă valorile cuplului M.

Din diagramă rezultă că pe măsura scăderii alunecării, valoarea cuplului crește. Acest lucru se petrece pînă la o anumită valoare a alunecării, *alunecarea critică* a_c, cînd cuplul atinge valoarea sa maximă

M_{max}. Scăzînd mai departe alunecarea se ajunge la valoarea $a = 0$, cînd viteza motorului este egală cu viteza de sincronism. În acest interval cuplul a scăzut pînă la zero. În regim de generator, alunecarea vitezei negative descrescînd, cuplul devine negativ.

Alunecarea critică a_c pentru care cuplul are valoare maximă, depinde de caracteristicile constructive ale motorului, variind în general între 0,08 şi 0,2 (8—20%), fiind cu atît mai mică, cu cît motorul este de putere mai mare.

Coeficientul de supraîncărcare k_M este definit, ca raportul dintre cuplul maxim şi cuplul nominal, adică :

$$k_M = \frac{M_{max}}{M_n}$$

Cuplul M_{max} care se obţine pentru valoarea critică a alunecării a_c se mai numeşte şi cuplul de răsturnare. Valorile obişnuite ale coeficienţilor de încărcare k_M, variază de la 1,6 la 2,5. STAS 1893-50, prevede o valoare minimă de 1,6.

Alunecarea critică a_c, pentru care cuplul este maxim, este proporţională cu rezistenţa din circuitul rotorului, adică :

$$a_c = k\ R_r.$$

Dacă creşte valoarea rezistenţei R_r din circuitul rotorului va creşte şi valoarea alunecării critice, acest lucru constituind un mijloc de deplasare a cuplului maxim, într-o poziţie căreia să-i corespundă noua valoare a alunecării critice, obţinute prin mărirea rezistenţei din circuitul rotoric. Mărindu-se rezistenţa ohmică a rotorului se poate ajunge la o astfel de alunecare critică, $a_c = 1$, pentru care cuplul maxim poate avea loc chiar la pornire, aşa cum este arătat în curba 3 din figura 5.40. Curba 1 corespunde cazului cînd rotorul nu are rezistenţe exterioare.

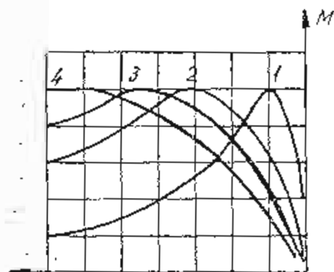


Fig. 5-40. Schimbarea caracteristicii cuplu-alunecare (*M-a*), la un motor asincron, ca urmare a creşterii rezistenţei rotorice.

Creşterea cuplului de pornire conduce la o micşorare a factorului de putere şi a coeficientului de supraîncărcare k_M.

Motoarele cu colivie dublă ca şi cele cu colivie cu bare înalte, sînt foarte utilizate, avînd un cuplu mare de pornire.

b. **Pornirea motoarelor asincrone.** La pornire motoarele asincrone absorb un curent de pornire foarte mare, în raport cu cel nominal, deşi cuplul este relativ mic.

Curentul mare de pornire împiedică buna funcţionare a celorlalte receptoare racordate la aceeaşi reţea. Întreprinderea de furnizare a energiei, a întocmit pe baza normativelor existente, regulamentul, limitînd valoarea curentului de pornire.

Metodele cele mai folosite pentru acest scop sînt :

— aplicarea unei tensiuni reduse statorului ;

— introducerea de rezistențe variabile în circuitul rotorului.

Fiecare dintre aceste metode corespunde unui anumit tip de motor. Astfel, aplicarea unei tensiuni reduse la stator, se poate face în cazul motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit, pe cîtă vreme introducerea rezistențelor variabile, se poate face numai în cazul motoarelor asincrone cu inele colectoare și rotorul bobinat.

Dacă motorul asincron cu rotorul în scurtcircuit este cuplat direct la rețea, valoarea curentului de pornire ajunge la 4—7 ori curentul nominal. Acest curent absorbit de stator este proporțional cu tensiunea aplicată acestuia.

Metoda de reducere a valorii curentului de pornire are deci în vedere micșorarea tensiunii aplicate, care are ca urmare și o reducere a cuplului. Reducerea tensiunii la pornire se poate face prin următoarele mijloace :

Pornirea cu reactor (inductanță) (fig. 5.41). Pentru aceasta, la pornire, se leagă în serie cu bobinajele statorice un reactor *R*. La trecerea curentului de pornire, se produce o cădere de tensiune în reactor, reducîndu-se astfel tensiunea aplicată statorului.

După intrarea în turația normală, reactorul se scurtcircuitează și statorului i se aplică tensiunea integrală a rețelei.

Pornirea cu reactor, reduce însă mult cuplul de pornire, așa că în cazul în care acesta din urmă nu poate fi redus mult, nu se poate utiliza această metodă. În acest caz se utilizează reducerea tensiunii cu ajutorul unui autotransformator.

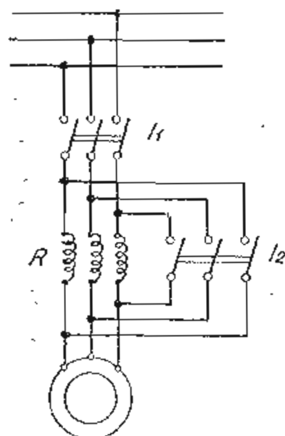


Fig. 5.41. Pornirea motoarelor asincrone în scurtcircuit, cu ajutorul reactorului montat în circuitul rotoric :
R — reactor ; I_1, I_2 — întrerupătoare.

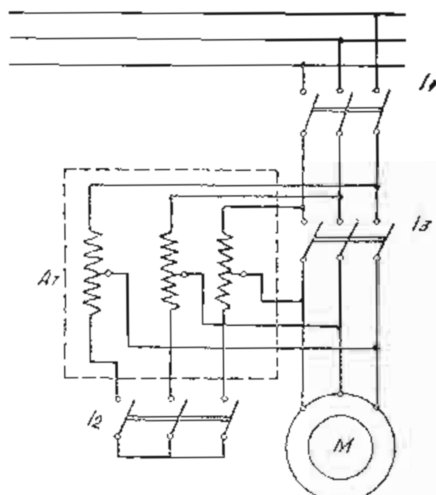


Fig. 5.42. Pornirea motoarelor asincrone cu autotransformator :
A — autotransformator ; I_1, I_2, I_3 — întrerupătoare ; M — motor.

Pornirea cu autotransformator (fig. 5.42). În acest caz la pornire, tensiunea aplicată statorului se reduce prin utilizarea autotransformatorului A_T . Se închid întîi întrerupătoarele I_1 și I_2 și motorul pornește cu tensiune redusă. Se deschide apoi întrerupătorul I_2 și se închide I_3, alimentîndu-se astfel statorul cu întreaga tensiune a rețelei.

Pornirea cu comutator stea-triunghi. Atunci cînd se conectează la o rețea trifazată un motor asincron, cu cele trei faze legate în stea, curentul absorbit de acesta este de trei ori mai mic decît curentul absorbit atunci cînd fazele sale sînt legate în triunghi. Pe acest principiu are loc pornirea motoarelor asincrone în scurtcircuit, prin conectarea la rețea cu ajutorul unui comutator stea-triunghi (fig. 5.43, *a*).

Conectînd la rețea un motor asincron cu bobinajele fazelor legate în stea, motorul pornește și rotorul se accelerează, crescînd turația și scăzînd alunecarea.

Curentul absorbit are cea mai mare valoare la pornire, apoi, pe măsură ce turația crește, curentul scade. Cuplul motor dezvoltat variază și el ca mărime, pînă cînd ajungînd la aceeași valoare cu cuplul rezistent ce trebuie învins, turația și curentul ating valori stabile. În acest moment motorul trebuie să fie comutat de pe conexiunea stea pe conexiunea triunghi.

La comutare (fig. 5.43, *b*) au loc salturi atît la curent cît și la cuplu, motorul trecînd pe altă caracteristică de funcționare. Atît cuplul cît și turația variază din nou, pînă în momentul în care cuplul motor este din nou egal cu cuplul rezistent ($M_n = M_r$), pentru noua turație la care s-a stabilizat motorul. De această dată turația, curentul, cuplul și alunecarea au alte valori realizate și anume cele nominale de funcționare, pornirea fiind terminată.

La acest fel de pornire se recomandă ca motorul să atingă 95% din turația sa, fiind pe conexiunea stea.

Trebuie dată multă atenție alegerii motorului pentru tensiunea rețelei la care urmează a fi conectat. Astfel, pentru rețelele de 220/380 V, se aleg motoare de 380/660 V, iar pentru rețelele de 500 V, motoare cu 500 V pe fază la conexiunea în triunghi.

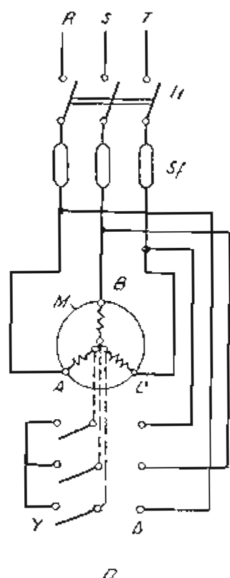
Conform Normativului I.7-68, pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice pînă la 1 000 V, este obligatorie pornirea cu aparate de pornire, care să asigure reducerea sub limitele admisibile a curenților de pornire, pentru motoarele cu puteri de la 3 kW în sus — pentru tensiunea între faze de 220 V — și cu puteri de la 5,5 kW în sus, pentru tensiunea între faze de 380 V. Comutatoarele stea-triunghi fac parte din această categorie de aparate de pornire. Acestea pot fi acționate manual sau automat.

La comutatoarele stea-triunghi manuale, se aduce aparatul la poziția stea, rotindu-se manual maneta de acționare. După ce motorul

a atins turația stabilizată pentru această poziție, se comută pe poziția triunghi. Aprecierea turației se face cel mai bine dacă se privește și pe ampermetru și se constată o scădere a curentului.

Comutatoarele automate sînt acționate prin relee, nefiind nevoie de intervenție manuală decît pentru apăsarea pe butonul de pornire, ce se face inițial.

Pornirea cu comutatoare stea-triunghi este folosită la motoare de antrenare a grupurilor de sudură, a unor mașini-unelte, ventilatoare,



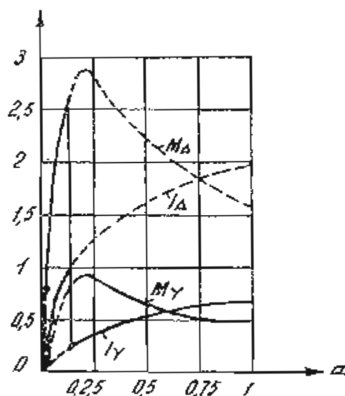


Fig. 5.43. Pornirea unui motor asincron cu comutator stea-triunghi:
a — schemă; b — diagrama cuplului și a curentului.

pompe centrifugale etc., la care cuplul rezistent la pornire este foarte mic, nedepășind 1/3 din cuplul rezistent nominal.

Pornirea motoarelor asincrone cu rotorul bobinat și cu inele. Motoarele asincrone cu rotorul bobinat, au bobinajele statorice cu conexiune în stea sau în triunghi, corespunzător tensiunii rețelei din care urmează a se alimenta.

Bobinajele statorice sînt conectate în general în stea. Începuturile acestor bobinaje fiind legate împreună (fig. 5.44, punctul *A*), sfîrșiturile sînt scoase afară la trei inele, cîte unul pentru fiecare fază. Pe inele alunecă trei perii de cărbune, care au legături scoase la o placă de bronz.

Dacă la aceste perii se leagă trei rezistențe de aceeași valoare, cîte una pe fiecare fază, la pornirea motorului, curentul absorbit de acesta din rețea este mai mic decît curentul pe care motorul l-ar fi absorbit fără aceste rezistențe intercalate în circuitul rotoric.

Rezistențele conectate modifică caracteristica cuplului de pornire. Se numesc „*caracteristici reostatice*", acele caracteristici ridicate în funcționarea motorului cu rezistențe intercalate în circuitul rotoric,

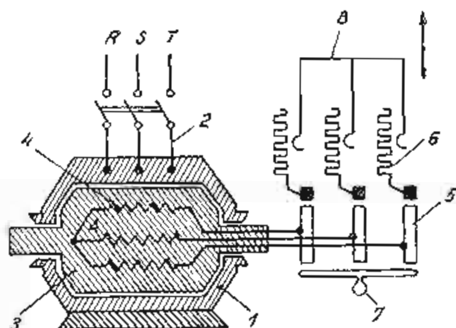


Fig. 5.44. Motor cu rotorul bobinat și cu inele, prezentat schematic:

1 — stator; 2 — legăturile statorului; 3 — rotor; 4 — bobinaje rotorice legate în stea; 5 — inele (pentru fiecare fază cîte unul); 6 — rezistențe reostatice (pentru fiecare fază cîte una); 7 — manta de scurtcircuitarea inelelor; 8 — cursorul reostatului.

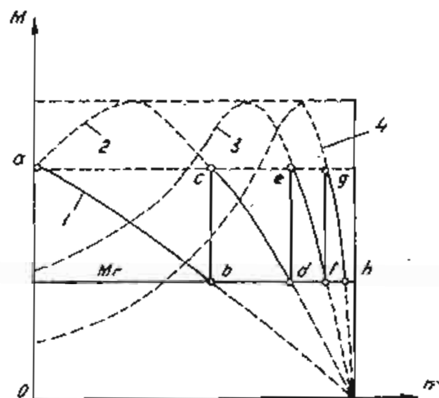


Fig. 5.45. Variația cuplurilor la pornirea unui motor asincron cu rotor bobinat și inele, cu ajutorul unei rezistențe în trei trepte:

Mr — cuplul rezistent; a, b, c, d, e, f, g, h — curba de variație a caracteristicii motorului.

spre deosebire de cele ridicate la funcționarea fără aceste rezistențe, care se numesc „*caracteristici naturale*".

Făcîndu-se mai multe ridicări de caracteristici reostatice, dar de fiecare dată utilizîndu-se rezistențe de altă valoare, se obține de fiecare dată o altă caracteristică reostatică, corespunzătoare valorilor rezistențelor utilizate.

Același lucru se obține și dacă pe fiecare fază din circuitul rotoric se va utiliza cîte o rezistență formată din mai multe trepte. În figura 5.45 este arătat un asemenea caz, în care s-au utilizat trei rezistențe în trei trepte, valorile fiecărei trepte fiind egale între ele pe toate trei fazele.

La pornire, cînd în circuitul rotoric sînt intercalate toate cele trei trepte de rezistență pe fiecare fază, cuplul motor are valoarea din punctul *a*, evoluînd apoi de-a lungul caracteristicii *1*, corespunzătoare rezistenței totale, pînă în punctul *b* în care cuplul motor este egal cu cuplul rezistent. În acest timp turația *n* a căpătat o anumită valoare.

Dacă în acest moment se scurtcircuitează prima treaptă de rezistență de pe fiecare fază rotorică, rezistențele se micșorează brusc, ajungînd la o rezistență egală cu cea a celorlalte trepte cumulate (treapta a doua și treapta a treia). Datorită modificării rezistenței intercalate pe fiecare fază rotorică, funcționarea motorului trece pe o altă caracteristică reostatică, caracteristica *2* a cuplului motor, desfășurîndu-se mai departe pe

această a doua caracteristică de la punctul *c* către puncul *d*, pe măsura creșterii turației *n*. În momentul în care cuplul motor devine iar egal cu cuplul rezistent (ca valoare, măsurată pe ordonată), se manevrează reostatul astfel încît să se scoată din circuitul rotoric cea de a doua treaptă a rezistenței. Rezistența rămasă pe fiecare fază rotorică se reduce la valoarea treptei întîi și funcționarea se mută pe o altă caracteristică reostatică, corespunzătoare acestei rezistențe, în punctul e. Scurtcircuitînd și ultima treaptă de rezistență, în momentul egalității dintre cuplul motor și cuplul rezistent — punctul f —, se ajunge pe caracteristica naturală 4 în punctul *g*, de unde evoluția funcționării se desfășoară de-a lungul porțiunii *gh* a acestei caracteristici, pînă ce cuplul motor egalizează cuplul rezistent și funcționarea se stabilizează.

Alegînd corespunzător rezistențele reostatului, se poate ajunge, pe de o parte la o mărime convenabilă a saltului, iar pe de alta, la stabilitatea funcționării motorului pe porțiunea descendentă a curbei cuplului motor, pentru valorile acestuia cuprinse între cuplul maxim și zero, porțiune caracterizată prin regimul stabil de mers al motorului. În cazul alegerii defectuoase a acestor rezistențe, se poate întîmpla ca salturile să fie mult prea mari și mai ales ca ele să se situeze în zone corespunzătoare unui regim instabil de funcționare a motorului, în care caz acesta se oprește.

În figura 5.46 este arătată variația curentului absorbit de motor, în cazul cînd pornirea s-a făcut cu un reostat cu trei trepte de rezistență. Din figură se vede că dacă motorul ar fi pornit fără nici o rezistență intercalată în circuitul rotoric, el ar fi absorbit la pornire un curent I_c mult mai mare, funcționarea sa făcîndu-se astfel încît variația de curent s-ar fi desfășurat de-a lungul curbei R_0. Această valoare a curentului de pornire, ar fi fost apropiată foarte mult de valoarea curentului de pornire a unui motor asincron cu rotorul în scurtcircuit, pornit prin legarea directă la rețea.

Numărul de trepte se alege corespunzător puterii motorului și mărimii salturilor de cuplu admisibile din punct de vedere al acționării. De exemplu, pentru un motor de 4 kW, se recomandă cel puțin trei trepte, în timp ce la un motor de 100 kW sînt necesare șapte trepte.

În afara acestor trepte ale rezistenței de pornire, se mai introduc uneori în circuit și niște rezistențe de pregătire a acestor trepte. În perioada anclanșării lor, motorul nu pornește ci pregătește pornirea (se întind curelele, se angrenează pinioanele etc.). Valoarea acestor rezistențe de pregătire, se alege astfel încît la pornire, să nu se producă un șoc prea puternic, iar curentul inițial de conectare I_0, care este absorbit, să fie mai mic decît I_n (v. fig. 5.46).

În figura 5.47 este arătată schema de principiu a unui reostat de pornire cu piloturi. La pornire, cele trei cursoare se găsesc la sfîrșitul rezistențelor, astfel că în fiecare fază rotorică este introdusă întreaga rezistență a fiecărei ramuri a reostatului — în poziția 1. Pe măsură ce turația crește, se mută poziția cursoarelor, rotindu-se maneta reosta-

Fig. 5.46. Variația curentului unui motor asincron cu rotor bobinat și inele, în cazul pornirii cu ajutorul rezistenței în trei trepte :

I_1 — valoarea curentului de scurtcircuitare ; I_n — valoarea curentului nominal al motorului ; $I_1/I_n \cong 1,05...1,3$; $\frac{I_2}{I_n} \cong 1,5...2,3$; Ic - valoarea curentului inițial de conectare.

Fig. 5.47. Schema de principiu a unui reostat cu ploturi, pentru pornirea motoarelor asincrone trifazate cu rotorul bobinat și cu inele .

c_1 — contact de blocaj ; c_2 — contact de semnalizare ; B — bobina întrerupătorului automat I.

tului în sensul săgeții, astfel că se scot pe rînd anumite porțiuni din rezistențe, pînă ce în final, cursorul a ajuns în poziția 2, cînd din circuitul fiecărui bobinaj rotoric, a fost scoasă întreaga rezistență. Această poziție corespunde mersului normal în sarcină al motorului.

Contactul de blocaj c_1 este închis numai cînd periile cursorului se găsesc la sfîrșitul rezistențelor. El fiind înseriat bobinei B a întrerupătorului I, nu permite închiderea acestuia, decît atunci cînd contactul c_1 este scurtcircuitat.

Contactul de semnalizare c_2 este scurtcircuitat și aprinde o lampă, semnalizînd scoaterea rezistențelor din circuitul rotoric, la sfîrșitul cursei periilor.

3. Aparate utilizate la pornirea motoarelor asincrone

Aparatele utilizate la pornirea motoarelor asincrone sînt: întrerupătoarele, contactoarele, comutatoarele stea-triunghi, autotransformatoarele de pornire, reostatele, rezistențele și controlerele.

a. **Întrerupătoarele.** Acestea se folosesc pentru pornirea directă de la rețea. Întreprinderea Electroaparataj București, fabrică întrerupătoare automate în aer DITA sau în ulei DITU.

Întrerupătorul automat în aer DITA (fig. 5.48) are releele repartizate în trei blocuri distincte pe fiecare fază; fiecare bloc conține elemente termice și electromagnetice pentru protecție. Releele termice au niște dispozitive compensatoare termice, pentru a reface reglajul ținînd seama și de temperatura mediului ambiant.

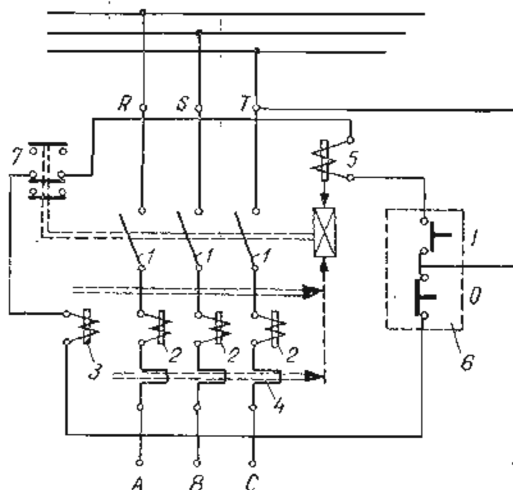
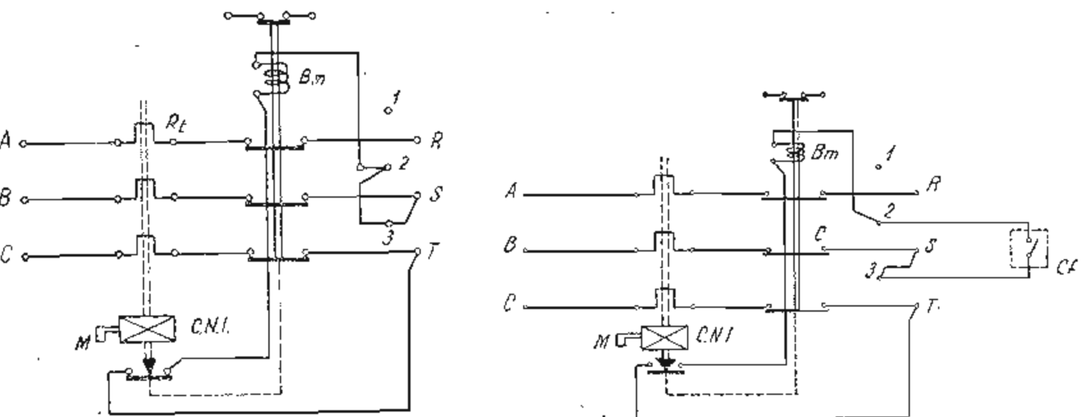
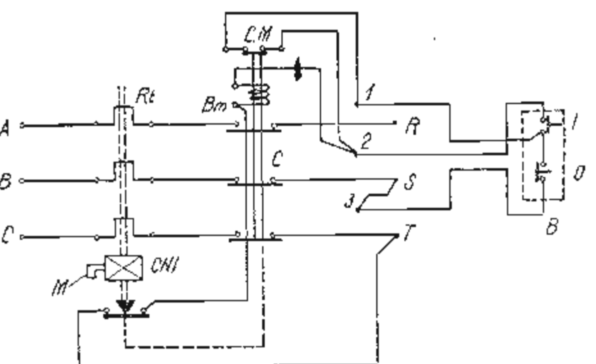


Fig. 5.48. Schema electrică de principiu a unui întrerupător Dita:
1 — contacte principale; 2 — relee electromagnetice de protecție contra curenților de scurtcircuit; 3 — releu de tensiune nulă; 4 — relee termice; 5 — electromagnet de închidere; 6 — butoane de comandă; 7 — contacte auxiliare.

Butoanele de comandă sînt prevăzute, unul pentru închiderea contactelor principale, altul pentru deschiderea acestora, realizîndu-se totodată și rearmarea releelor. La întrerupătoarele DITA 60 și DITA 100, semnalizarea se face cu un indicator optic de poziție.

Întrerupătoarele automate în ulei DITU (fig. 5.49) au montate relee termice, electromagnet de acționare, un contactor pentru închiderea circuitului principal, avînd contactele în ulei.


A
B
C
Rt
B.m
1
2
3
R
S
T
C.N.I.
M
a
A
B
C
Bm
1
2
3
R
S
T.
C
Cf
C.N.I
M
б.


A
B
C
Rt
Bm
C.M
C
1
2
3
R
S
T
I
O
B
CNI
M

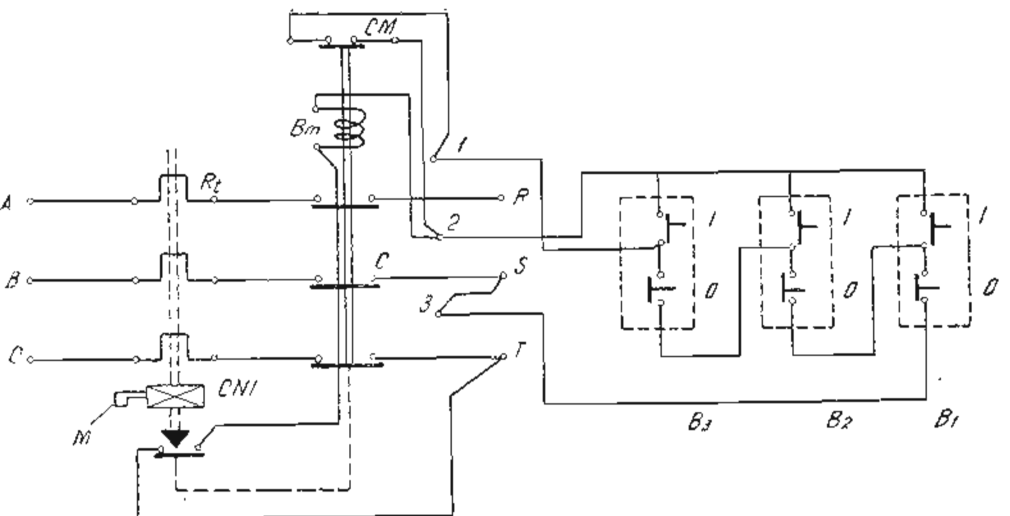


Fig. 5.49 Schemele de montaj ale întrerupătorului Ditu:

a — comanda întrerupătorului prin manetă; b — comanda prin contact ferm, închis-deschis, C_f; c — comanda prin buton dublu de la distanță; d — comanda cu trei butoane duble, de la distanță, din trei locuri diferite; B_m — bobina electromagnetului de acționarea contactului de închidere a circuitului principal; M — maneta aparatului; C — contactul de închidere a circuitului principal; R_t — relee termice; B_1, B_2, B_3 — butoni de acționare dubli; CNI — contact normal închis; c_f — contact.

Aceste automate pot fi comandate în trei feluri :

— prin maneta întrerupătorului ;

— prin contact ferm, închis-deschis ;

— prin buton dublu de comandă la distanță.

Acționarea simplă prin pîrghia (maneta) întrerupătorului este arătată în figura 5.49, *a*.

Pentru acționarea prin contact ferm, închis-deschis (fig. 5.49, *b*), se desface puntea de legătură dintre contactul auxiliar *2* și contactul auxiliar *3*. Butonul de comandă sau contactul exterior se leagă cu un conductor la contactul auxiliar *2* și cu alt conductor la contactul auxiliar *3*.

Acționarea cu contact ferm se face astfel : circuitul de manevră T-CNI — B_m — 2 — C_f — 3 — S, se închide de la faza T la faza S, o dată cu închiderea contactului ferm. Aceasta determină apariția unui flux magnetic în bobina de anclanșare a contactorului principal C, care acționează contactorul, închizînd circuitul principal (RA, SB, TC) iar motorul legat la bornele A, B, C primește curent de la rețea și începe să funcționeze.

Pentru acționarea prin buton dublu (fig. 5.49, c), de comandă de la distanță, se desfac contactele auxiliare *2* și *3*, legătura butonului de comandă făcîndu-se așa cum este arătat pe figură.

Circuitul de manevră T—CNI—B_m—2—B—3—S se închide o dată cu apăsarea pe butonul I ; curentul circulă de la o fază la alta (T-S), determinînd fluxul magnetic care anclanșează prin bobina B_m contactorul principal C. Acesta închide circuitul principal, alimentînd astfel motorul electric conectat la bornele A, B, C.

La ridicarea degetului de pe butonul normal deschis I, de pornire, circuitul de manevră devine T-CNI-B_m-2-CM-1-B-3-S și funcționarea continuă, electromagnetul B_m ținînd anclanșat mai departe contactul principal C.

Pentru oprire este suficient să se acționeze fie contactul ferm, fie butonul de oprire O, care va întrerupe circuitul de manevră și astfel se va dezamorsa bobina magnetică B_m, lăsînd să scape contactorul principal C, care tras de un resort, deschide circuitul principal, întrerupînd alimentarea motorului racordat în ABC.

Același lucru se întîmplă în cazul unui curent mai mare (periculos), cînd circuitul de manevră va fi deschis de contactul normal închis CNI, acționat prin dilatarea releelor termice R_t.

b. **Comutatoare stea-triunghi.** În țara noastră se fabrică comutatoare stea-triunghi de la 25 pînă la 200 A, acestea asigurînd pornirea motoarelor asincrone în scurtcircuit avînd puteri între 7—100 kW, la tensiuni de serviciu de 220 V, 380 V, 500 V.

Aceste comutatoare sînt cu acționare manuală sau automată. Cele cu acționare manuală au însemnate distinct pozițiile zero, stea și triunghi ale rotorului mobil.

În figura 5.50 este arătată schema de principiu a legării unui comutator stea-triunghi la bornele unui motor asincron, iar în figura 5.51, detalii de realizarea legăturilor la cutia de borne a motorului.

La poziția zero cutia nu primește curent. La poziția stea, realizată la prima rotire a comutatorului, se alimentează din rețea bornele *U*,

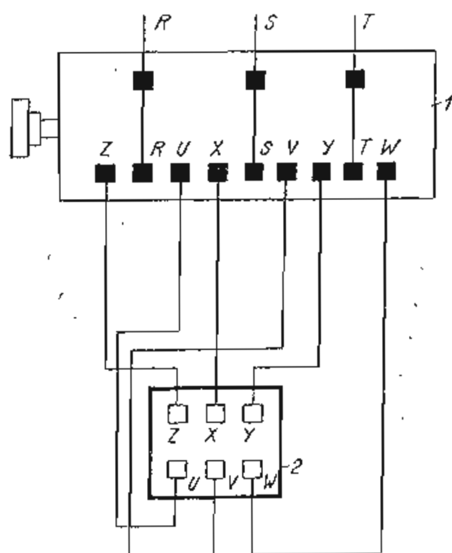


Fig. 5.50. Schema de principiu a legării unui comutator stea-triunghi la cutia de borne a motorului asincron :
1 — comutator ; 2 — cutia de borne a motorului.

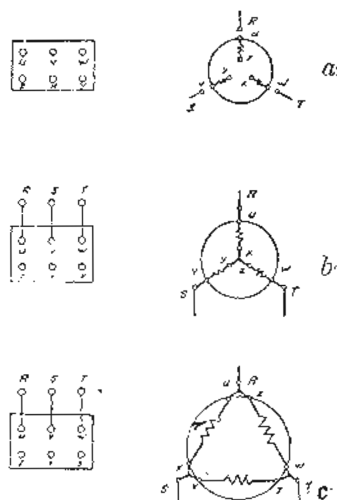


Fig. 5.51. Detalii principiale de legături, la pornirea în stea-triunghi, realizate prin manevrarea comutatorului :
a — poziție de repaus — zero ; *b* — poziție stea-pornire, la prima rotire ; *c* — poziție triunghi, la a doua rotire.

V și *W*, iar *Z*, *X*, *Y* se scurtcircuitează. La a doua rotire, poziția triunghi, motorul se alimentează de la rețea astfel : de la *R* se alimentează capetele *U* și *Z*, de la *S* capetele *X* și *V*, iar de la *T*, capetele *Y* și *W*.

Comutatoarele automate comandate de la distanță pentru pornire în stea-triunghi au o schemă complexă, realizată cu două contactoare tripolare, un contactor bipolar, un releu de temporizare și un releu intermediar.

Protecția se realizează cu relee electromagnetice și termice

c. **Autotransformatoare de pornire.** Deoarece autotransformatoarele sînt foarte scumpe, utilizarea lor este limitată, recomandîndu-se îndeo-

sebi la motoare cu puteri mari — 100 kW — sau în cazuri speciale. La noi în țară sînt utilizate autotransformatoare în V cu bobine numai pe două coloane, folosind ca fluid de răcire uleiul de transformator.

Comutarea se efectuează prin manevrarea unor controlere, avînd trei poziții : poziția zero, poziția cu tensiune redusă pentru pornire și poziția de funcționare.

În țara noastră se fabrică la UMEB autotransformatoare pentru puteri de la 40 kW la 100 kW și cu tensiuni de 577 și 1 000 V, iar la Electroputere-Craiova autotransformatoare pentru puteri de la 100 kW la 1 000 kW, cu tensiuni de 380, 1 000 și 6 000 V.

Raportul de transformare este — la cele fabricate la UMEB — de 0,625 iar la cele fabricate la Electroputere de 0,64. Toate autotransformatoarele fabricate la noi au numai o priză intermediară de tensiune.

d. **Reostate.** Acestea sînt alcătuite din rezistență, organul de comutare a treptelor, cutia de borne și carcasa de protecție. Reostatele pot fi răcite cu aer sau cu ulei.

Reostatele pot fi monofazate sau trifazate, după cum sînt împărțite rezistențele. Elementele de rezistențe sînt fabricate din fontă turnată, din tablă, din benzi sau sîrmă.

În țara noastră se fabrică două tipuri de reostate de pornire : pentru motoare asincrone cu inele — RC 3 — fabricate de Electromotor-Timișoara și seria RAi fabricată de UMEB.

Reostatele RC 3 sînt în ulei, scurtcircuitarea treptelor fiind asimetrică. Aceste reostate au în total 12 trepte de rezistență, dintre care trei de pregătire și nouă de pornire. Scurtcircuitarea se realizează cu un controler tambur, cu degete de contact.

Acționarea reostatelor din seria RAi se face prin manevrarea unui volan din material izolant.

e. **Rezistențe.** Rezistențele utilizate la pornirea motoarelor asincrone sînt fie rezistențe statorice, pentru motoare cu rotorul în scurtcircuit, fie rezistențe rotorice pentru motoarele cu inele colectoare.

Rezistența este alcătuită dintr-una sau mai multe trepte de rezistență și o rigletă cu borne și legături la trepte. Totul este închis într-o carcasă de protecție.

Cele mai multe rezistențe folosesc ca mediu de răcire aerul.

Cea mai importantă serie de rezistențe de pornire și reglare a motoarelor asincrone întîlnită în țară este seria ZR, destinată în special motoarelor de macara tip M_2 și M_3, echipament fabricat de UMEB. Acestea au elementele de rezistență din fontă, întîlnindu-se mai ales, montajul cu trei baterii suprapuse sau cu elementele dispuse în spirală, pe laturile unei prisme sau al unui exagon.

f. **Controlere.** Aceste aparate servesc la închiderea și deschiderea unor circuite, numindu-se „controlere de comandă". Se întîlnesc două tipuri

principale : controlere pilot pentru circuite secundare și controlere pentru circuite principale.

Din punct de vedere constructiv se disting controlere cu tambur și degete de contact și controlere cu came.

Controlerele cu tambur au contacte mobile dispuse pe un tambur fie izolant, fie din fontă, iar contactele fixe sînt niște degete de contact. La rotirea tamburului, periile alunecă pe sectoarele de contact ale tamburului, închizînd sau deschizînd un circuit.

La noi se fabrică la UMEB controlere cu tambur de tipurile : CC 401, CC 403, CC 405, CC 427.

În afara sistemelor de pornire a motoarelor electrice, arătate în acest capitol, mai sînt utilizate și alte metode cum sînt : pornirea cu ajutorul rezistențelor termovariabile în circuitul rotorului, pornirea cu rezistențe termovariabile statorice și pornirea cu demaroare centrifugale.

M. TABLOURI DE DISTRIBUȚIE

1. Generalități

În instalațiile electrice de lumină și forță există întotdeauna cel puțin un tablou electric de distribuție.

Cu cît instalația este mai complexă, cu atît numărul tablourilor electrice de distribuție este mai mare, ele fiind mai complicate și de importanță diferită.

În general rolul în instalație, al unui tablou de distribuție, este de a concentra pe el, aparate de protecție, de măsură și control, de manevră a circuitelor de automatizare, semnalizare etc.

Unele din aceste dispozitive și aparate pot lipsi, după caz, echipamentele tablourilor fiind foarte diferite și corespunzătoare rolului acestora în instalație.

Pentru a reține mai ușor elementele caracteristice ale tablourilor de distribuție, este necesar a face o clasificare, avînd la bază criterii specifice grupurilor de tablouri.

Cele mai importante dintre criteriile pe baza cărora se poate alcătui o clasificare sînt : rolul tabloului în instalația electrică, materialul din care este confecționat, felul protecției — împotriva eventualelor lovituri mecanice, a prafului, a umezelii, a agenților corosivi, a exploziei — după felul instalației etc.

După rolul pe care-l ocupă într-o instalație electrică, tablourile de distribuție se pot împărți în :

— tablouri generale, care primesc energie electrică de la rețeaua publică sau sursa proprie de energie și care distribuie la rîndul lor energia electrică, tablourilor principale sau secundare ;

— tablouri principale sau intermediare, care primesc energia de la tablourile electrice generale și o distribuie mai departe către tablouri secundare ;

— tablouri secundare care primesc energia fie de la tablouri principale, fie de la tablouri generale și o furnizează direct receptoarelor.

Tablourile generale se găsesc de obicei în încăperi speciale înglobate în clădirile sociale, civile sau de fabricație, sau pot fi așezate în însăși clădirea postului de transformare.

Tablourile principale și cele secundare se amplasează însă în secțiile de producție, în apartamente etc., în centrele de greutate ale consumului de energie.

După materialul din care sînt confecționate, tablourile de distribuție se pot împărți în :

— tablouri pe plăci de marmură ;

— tablouri metalice, din tablă de oțel ;

— tablouri confecționate din alte materiale izolante cum sînt : textolitul și pertinaxul.

După modul de execuție se disting trei feluri de tablouri și anume : deschise, neprotejate ; închise, protejate în cutii, dulapuri sau nișe, capsulate.

După felul instalației, tablourile mai pot fi : de lumină, de forță, de automatizări, pentru iluminat de siguranță și pentru iluminat de evacuare.

Tabloul electric de distribuție este un element foarte important, de construcția, echipamentul și amplasarea sa, depinzînd în cea mai mare măsură, exploatarea sigură, comodă și economică a întregii instalații. Alegerea celor mai potrivite aparataje și dispozitive ce urmează a se monta pe tablou, asigură continuitatea alimentării, rapiditatea depistării și înlăturării defecțiunilor.

2. Tablouri deschise, neprotejate

a. **Tablouri de marmură.** Aceste tablouri se pot amplasa numai în încăperi fără praf, uscate, fără umiditate, fără pericol de incendiu sau explozie, în încăperi unde au acces numai persoanele însărcinate cu supravegherea instalațiilor electrice.

Această categorie de tablouri se execută în cele mai multe cazuri pe plăci de marmură cu grosime de 20—40 mm, avînd dimensiunile fixate prin STAS 2380-55.

Marmura utilizată pentru tablouri electrice trebuie să fie cît mai omogenă și fără vine metalice, deoarece acestea conferă plăcii o conductivitate sporită și mărește pierderile de energie, pericolul de acciden-

tare. Marmura are una din fețe lustruită, cealaltă trebuind a fi vopsită în alb sau cenușiu cu vopsea în ulei, protectoare împotriva umidității ; aceasta la rîndul ei mărește și ea conductivitatea, marmura fiind o rocă naturală calcaroasă, cu un anumit grad de porozitate și de higroscopicitate.

Mărimea tabloului se determină ținîndu-se seama de dispozitivele și aparatajele ce urmează a fi montate pe placa de marmură, cu spațiile corespunzătoare între ele.

Pe fața lustruită a plăcii de marmură care constituie fața tabloului, se montează siguranțele, întrerupătoarele, etichetele indicatoare și bornele de racordare și control.

Aceste borne, de același tip constructiv, au însă două utilizări :

— borne pentru racordări la coloanele de alimentare a tablourilor, numite de „intrare" ;

— borne pentru circuite care pleacă de la tablou, „de ieșire" sau „plecări".

Bornele de intrare sînt așezate la partea inferioară a tabloului, iar cele pentru circuitele de plecare la partea superioară a tabloului. Pe partea din față a tablourilor, capetele filetate ale bornelor, sînt protejate cu capace filetate din ebonită.

Atît la bornele de intrare cît și la cele de ieșire borna conductorului de nul se va afla așezată întotdeauna la stînga bornelor de fază.

Pentru legăturile din spate ale tablourilor, între bornele de intrare, respectiv de ieșire, și bolțurile soclurilor siguranțelor, se folosesc conductoare de cupru de tip AF 500, cu secțiuni de la 2,5 mm^2 în sus. Tablourile pe placă de marmură se fixează de perete sau în nișe și sînt protejate cu cutii sau rame de lemn, care împiedică accesul la legături a persoanelor nespecialiste.

La prinderea pe zid a acestor tablouri se folosesc bolțuri cu cap nichelat, cu piulițe, contrapiulițe și șaibe. Poziția de montaj a tabloului este verticală, menținută la o anumită distanță de fața zidului, prin intermediul bolțurilor de fixare. Această distanță este necesară efectuării controalelor și demontării ulterioare, în caz de nevoie, a tablourilor.

Tablourile de marmură utilizate în apartamentele locuințelor sînt tipizate. În figurile 5.52, 5.53, 5.54 sînt arătate tablouri cu placă de marmură, cu unul, două și patru circuite monofazate.

Tablourile au montate pe față, sub siguranțe, etichete indicatoare, pe care se înscrie numărul circuitului protejat de siguranța respectivă, astfel încît acesta să poată fi ușor identificat.

Pentru fixare la borne, conductoarele cu secțiuni mai mici de 10 mm^2, se introduc în găurile din spate ale bornelor de racordare, strîngîndu-se apoi cu șuruburile speciale ale bornelor.

Conductoarele cu secțiuni mai mari de 10 mm^2 se fixează la borne, prin intermediul papucilor din cupru sau aluminiu, lipiți pe conductoare.

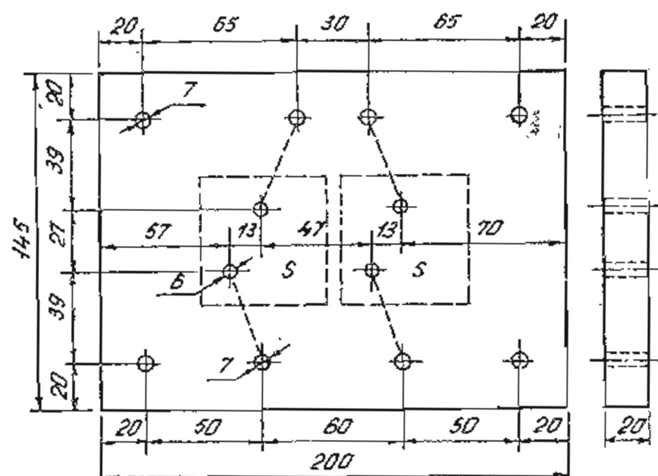


Fig. 5.52. Tablou de distribuție pe placă de marmură avînd un circuit monofazat de 25 A.

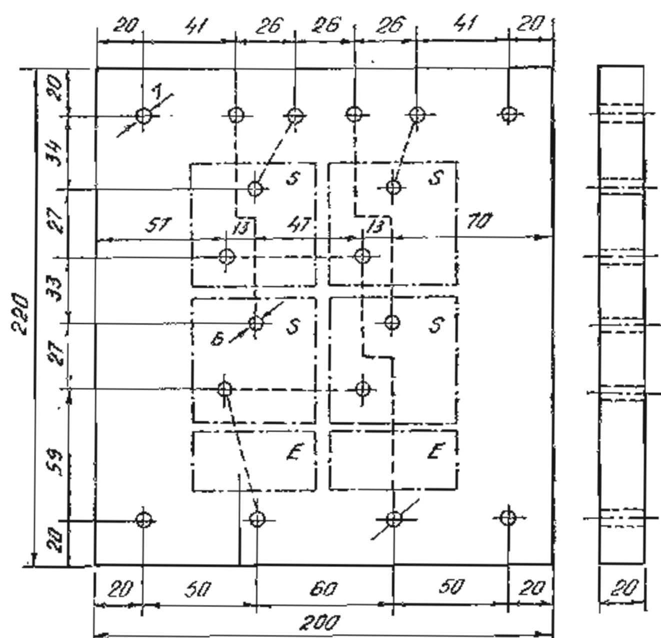


Fig. 5.53. Tablou de distribuție pe placă de marmură avînd două circuite monofazate de 25 A.

La executarea legăturilor pentru tablouri mai mari unde secțiunile conductoarelor pot depăși 10 mm² se pot folosi și cleme.

b. **Tablouri pe plăci izolante.** Tot în categoria tablourilor deschise, neprotejate intră și tablourile pe plăci izolante, de textolit sau pertinax,

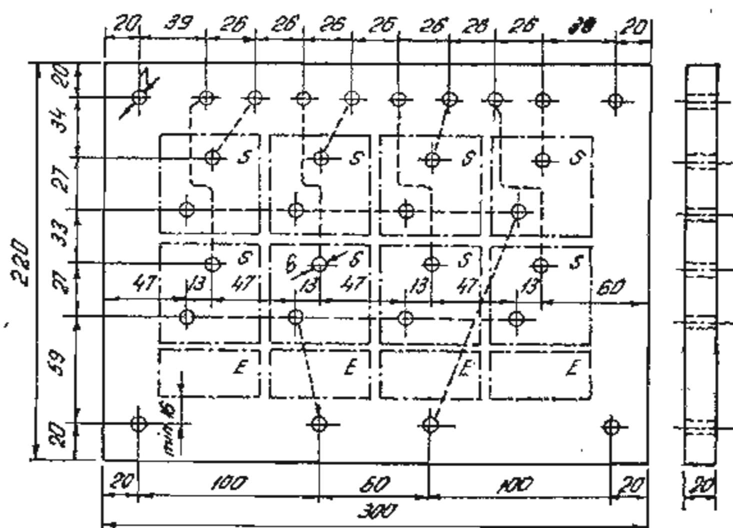


Fig. 5·54. Tablou de distribuție pe placă de marmură avind patru circuite monofazate de 25 A.

cu grosime de minimum 6 mm sau din materiale plastice, nehigroscopice, rezistente la solicitări termice și mecanice, precum și la acțiunea arcului electric.

c. **Tablourile pe stelaje sau panouri metalice,** deschise sau cu acces prin spate, se utilizează în instalații industriale, pentru distribuții cu tensiuni pînă la 500 V și intensități pînă la 1 500 A.

Aceste tablouri se confecționează din oțel profilat, din care se alcătuiește un schelet de rezistență, îmbrăcat apoi pe una sau două fețe — frontală și laterală — cu tablă de oțel. Scheletul se poate confecționa și din profile de tablă ambutisată.

În figura 5.55 este arătat un tablou cu mai multe panouri metalice. Lățimea și adîncimea unui panou fabricat IIB * variază, putînd fi de : 600, 700, 800 sau 900 mm, după felul aparatajului ce urmează a fi montat pe acest tablou.

Înălțimea panourilor metalice, variază între 2 000 și 2 250 mm.

În interiorul panourilor, siguranțele și întrerupătoarele, ca și celelalte aparataje, se montează fie pe plăci de marmură, pertinax sau

*) Întreprinderea de instalații București

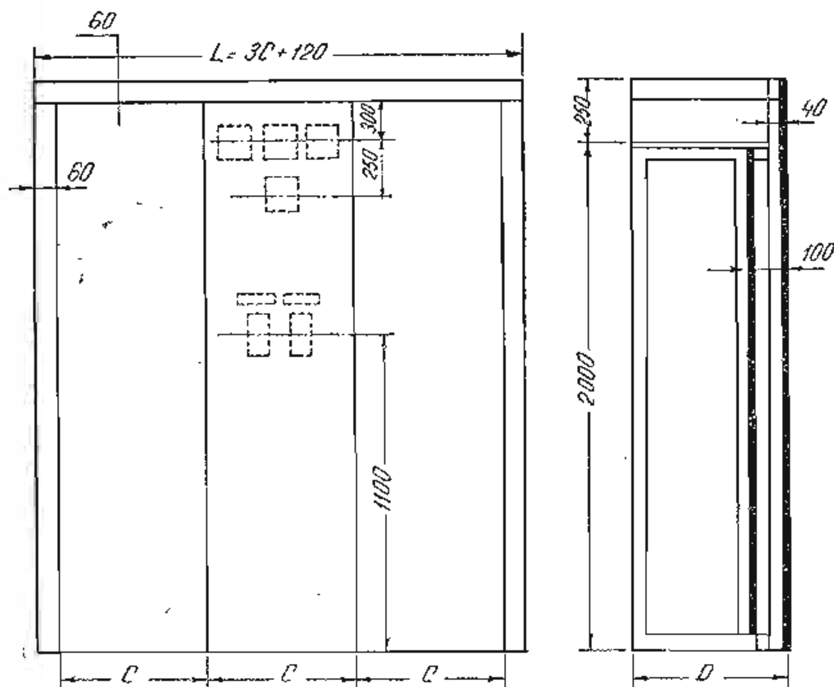


Fig. 5.55. Tablou de distribuție din trei panouri, deschis, cu acces prin spate produs de IIB

textolit, fie pe bandă de oțel lat, de 20—30 mm, cu grosimea de 2—3 mm, prinzîndu-se de acestea, după caz, prin șuruburi mecanice sau bolțurile proprii ale aparatelor.

Legăturile între aparate se execută cu conductoare de tipul CYY sau AYY de cupru sau aluminiu (învelite în manta de PCV) prinse în pachete, urmărind trasee orizontale și verticale, pentru a satisface și principii de estetică industrială.

Conductoarele merg la cleme de șir, unde sînt însemnate circuitele, în vederea racordului tabloului la instalația în care se montează.

Aceste panouri se așază cu partea din spate la o distanță de 1 m de perete și au accesul în spate protejat, prin uși din tablă sau cu rame din oțel cornier, cu plasă de sîrmă (fig. 5.56).

La partea superioară a panourilor metalice, se montează pe izolatoare speciale, sistemul de bare, de la care se execută coborîrile către întrerupătoarele generale, cu ajutorul unor conductoare izolate de tipul AF 500.

Tablourile au panouri diferite, numărul lor fiind după caz, mai mare sau mai mic. Pot exista panouri de sosire echipate cu întrerupă-

toare generale Dita, panouri cu siguranțe și întrerupătoare pentru plecările de la tablou etc.

Aceste tablouri trebuie protejate contra prafului, umezelii etc. și ca atare se amplasează în încăperi uscate, fără praf, pericol de incendiu

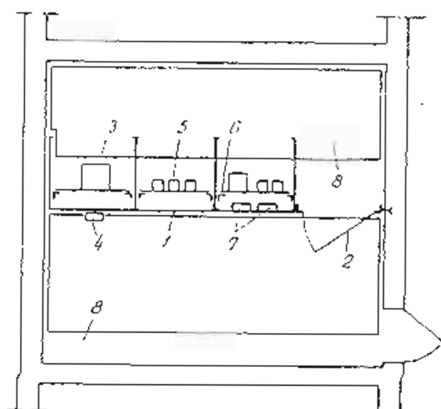


Fig. 5.56. Amplasarea unui tablou din panouri metalice într-o încăpere specială :

1 — panouri metalice ; 2 — ușă din plasă de sîrmă pentru acces în spatele tabloului ; 3 — întrerupătorul general Dita cu maneta de manevră pe fața tabloului ; 4 — maneta de acționare a întrerupătorului general ; 5 — siguranțe ; 6 — benzi de oțel lat 20–30 mm gros 3 mm, pe care se prind aparatajele ; 7 — aparate de măsură și control (ampermetre, voltmetre) ; 8 — covor din cauciuc.

sau de explozie. Tablouri de acest tip sînt folosite în instalații mari, constituind tablourile generale sau principale ale acestor instalații.

În fața și în spatele acestor tablouri se aștern covoare de cauciuc, dielectrice, care să asigure izolarea față de pămînt a personalului operator, în timpul manevrelor.

3. Tablouri închise, protejate

Dulapuri închise. Aceste tablouri se confecționează sub formă de dulapuri închise, din tablă de oțel de 2—3 mm sudată. Gradul lor de protecție, conform STAS 5025-62 este IP 22 sau IP 33.

Elementele componente ale acestor tablouri sînt protejate contra pătrunderii corpurilor cu dimensiuni mai mari de 12,5 mm, respectiv 2,5 mm, contra loviturilor mecanice și a pătrunderii picăturilor de apă.

Confecționate sub formă de dulapuri metalice și panouri închise, ele pot fi folosite în instalații de lumină, forță, automatizări, putînd fi amplasate în încăperi de protecție, hale de montaj, hale industriale etc.

Întreprinderea de instalații electrice București produce asemenea tablouri în două variante : tablouri sertarobloc (fig. 5.57) și standardbloc (fig. 5.58).

Tablouri protejate cu mască. Acest gen de tablouri au o mască de protecție metalică putînd fi însă și din material plastic termorezistent. Ele sînt folosite la instalațiile electrice din apartamente tip

Din această categorie fac parte tablourile de tip *C2* (fig. 5.59) tip *2C* (fig. 5.60) și tip *3C* (fig. 5.61).

Tabloul de tip *C2* are pe el două circuite monofazice de 25 A.

Tabloul tip *2C* — cu două circuite monofazice — mai are prevăzut pe el un contor electric, o dulie pentru un loc de lampă, un transformator de sonerie și un buzzer.

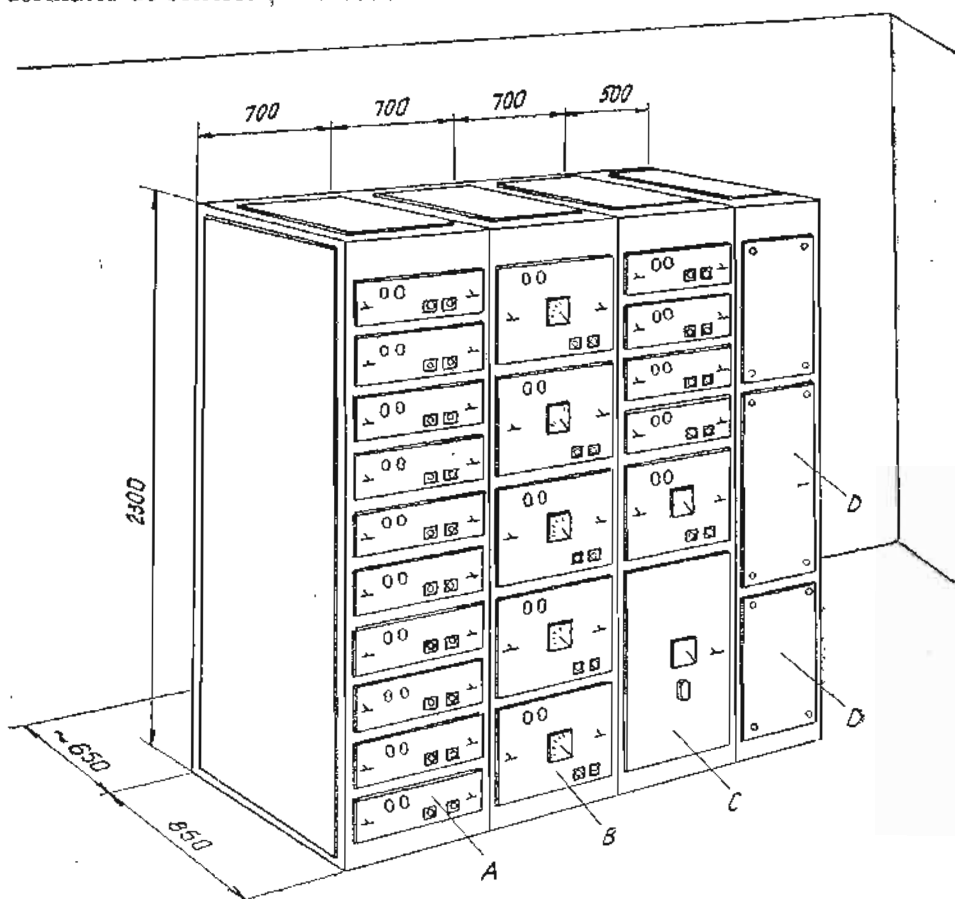


Fig. 5.57. Tablou de distribuție tip sertarobloc (produs IIB).

Tabloul tip *3C* are trei circuite monofazice, un contor electric cu capac de bachelită, un transformator de sonerie, un buzzer și o dulie pentru un loc de lampă.

Aceste tablouri tip se montează în vestibulele apartamentelor din blocurile de locuințe, servind totodată (ultimele două tipuri) la iluminarea vestibulului. Ele se folosesc numai în încăperi uscate. Schema lor electrică este arătată în figurile respective.

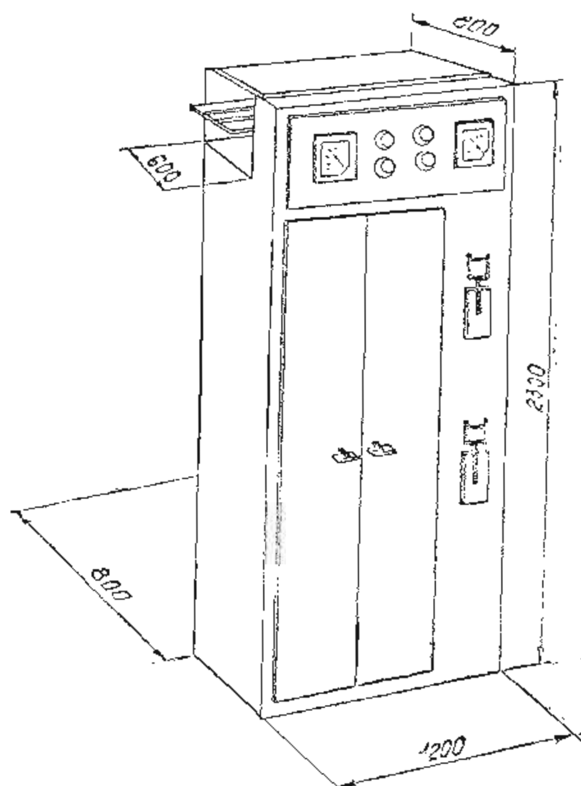


Fig. 5.58. Tablou de distribuție tip standardbloc (produs IIB).

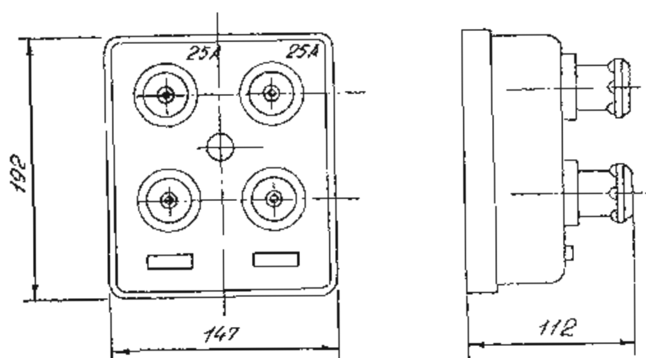


Fig. 5.59. Tablou protejat cu mască de tip *C2*.

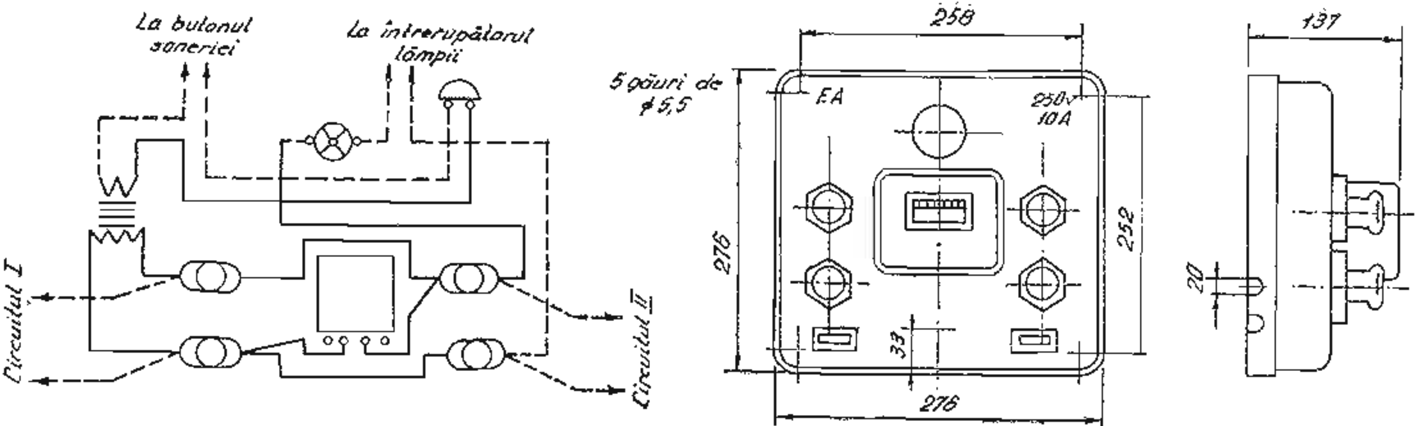


Fig. 5.60. Tablou de distribuţie protejat tip 2C.

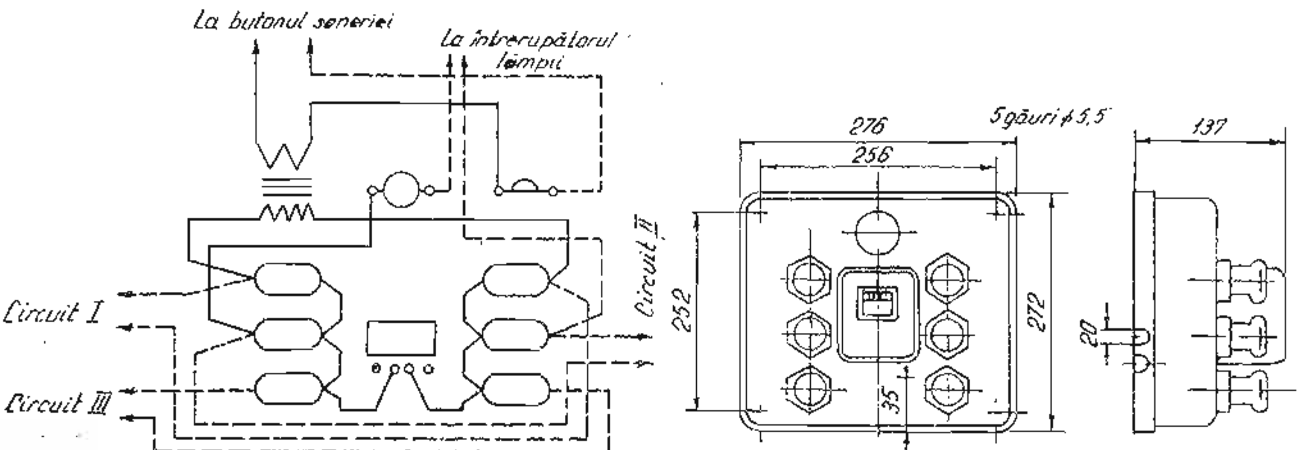


Fig. 5.61. Tablou de distribuţie protejat tip 3C.

4. Tablouri capsulate

Tablourile capsulate se confecționează sub formă de cutii etanșe din tablă de oțel de 2—3 mm grosime, sudată, sau din fontă sau aluminiu turnat. În aceste cutii se montează toate elementele caracteristice ale tablourilor : bare de distribuție, siguranțe de tip LFI sau cu mîner, întrerupătoare pachet sau cu pîrghie etc., care în acest fel sînt ferite de praf, umezeală, lovituri mecanice.

Gradul de protecție al acestor tablouri poate fi IP54, IP55, IP56, IP65, IP66, IP67.

În mod curent se folosesc două tipuri de tablouri capsulate și anume : tablouri tip Electroaparataj și tablouri tip IAEC, după fabrica furnizoare.

Tablourile capsulate tip Electroaparataj se fabrică în două variante, prima variantă pentru aparate pînă la 200 A, cea de a doua, pînă la 630 A.

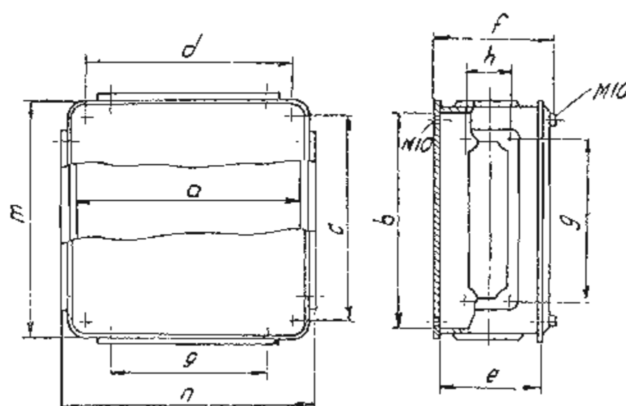


Fig. 5-62. Cutie de bare tip Electroaparataj.

Cutiile se asamblează între ele prin șuruburi mecanice, intercalîndu-se garnituri de etanșare din cauciuc, ansamblul montîndu-se pe un schelet metalic din oțel profilat.

Se produc următoarele tipuri de cutii : cutii de bare, cutii de siguranțe sau întrerupătoare, cutii intermediare pentru legături în spate și capete terminale (fig. 5.62...5.65).

Tablourile din cutii capsulate tip IAEC. Întreprinderea IAEC confecționează din tablă de oțel groasă de 2 mm, cutii interschimbabile cu una, două sau trei ieșiri. În figura 5.66 este arătată o asemenea cutie.

Ca și cele produse de Electroaparataj, cutiile de tipul IAEC se asamblează între ele, etanșîndu-se cu garnituri de cauciuc, realizînd gradul de protecție prevăzut (I.P. 56).

La acest tip, barele de cupru sau aluminiu se montează în cutii C_4S_3.

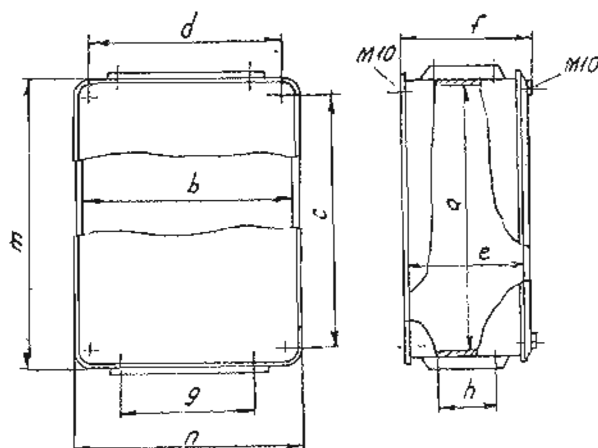


Fig. 5.63. Cutie de siguranțe sau întrerupătoare tip Electroaparataj.

Capetele terminale pentru distribuții capsulate produse de IAEC sînt realizate în variantele arătate în figura 5.67.

Tablourile capsulate pot cuprinde toate felurile de cutii arătate mai sus, dar în unele tablouri pot lipsi unele din tipurile arătate. Așa de exemplu, pentru curenții pînă la 200 A pot lipsi cutiile de bare, legăturile făcîndu-se cu conductoare izolate.

În locuri umede sau cu acizi, izolarea capetelor de cabluri pînă la 1 kV, la intrarea în tablouri, se poate face cu cutii de fontă sau tablă cilindrice, de interior, tip ICI (STAS 1572-62).

Întreprinderea IAEC confecționează și cutii terminale cu una, două sau trei ieșiri ca în figura 5.67, pentru unul, două sau trei cabluri.

Cutiile care constituie tabloul capsulat de distribuție se montează astfel încît latura de jos a tabloului să fie la înălțimea minimă de 0,70 m de la pardoseală, cota maximă a părții celei mai de sus a tabloului putînd fi 2,20 m de la pardoseală. Tabloul va fi astfel asamblat încît să se înscrie între aceste două cote, pentru a se asigura o exploatare comodă.

În figura 5.68 este arătat un ansamblu de cutii capsulate alcătuind un tablou capsulat, iar schema sa de legătură este arătată în figura 5.69.

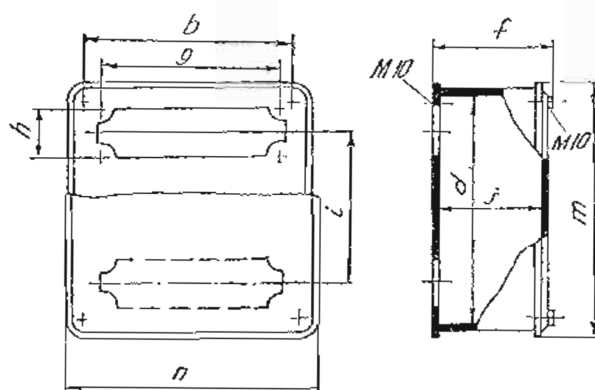


Fig. 5.64. Cutie intermediară tip Electroaparataj.

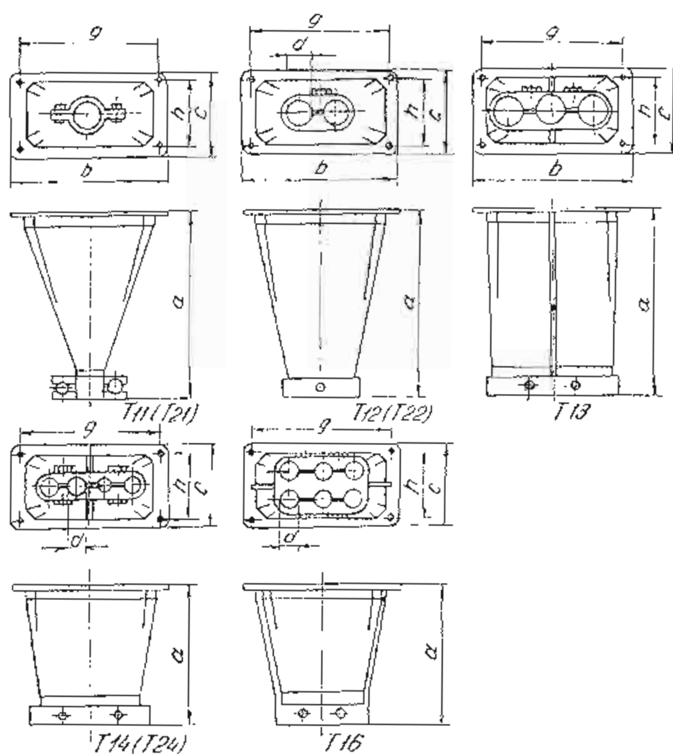


Fig. 5.65. Capete terminale tip Electroaparataj.

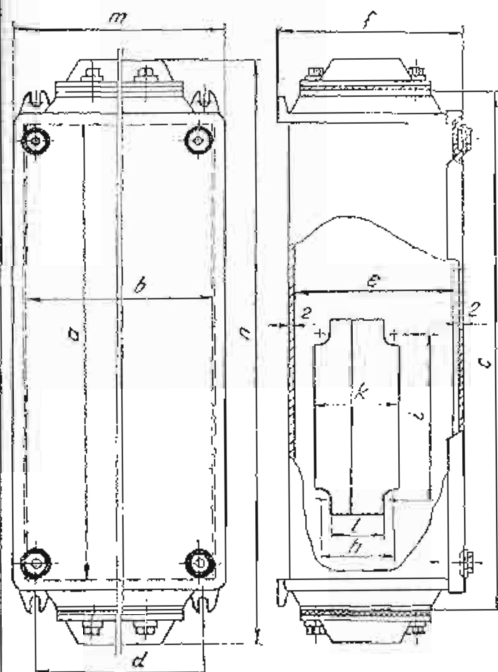


Fig. 5.66. Cutie interschimbabilă pentru tablouri capsulate tip IAEC.

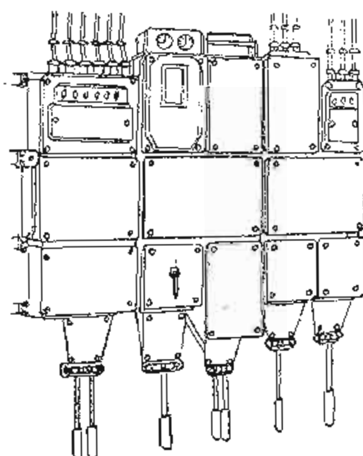
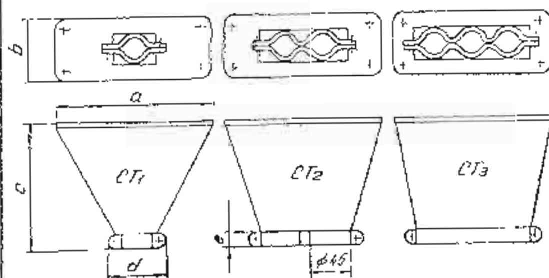


Fig. 5.67. Capete terminale pentru tablouri capsulate tip IAEC.



Cotele mm	a	b	c	d	e
CT1	255	125	240	100	40
CT2	255	125	240	145	40
CT3	255	125	240	200	40

Fig. 5.68. Tablou capsulat.

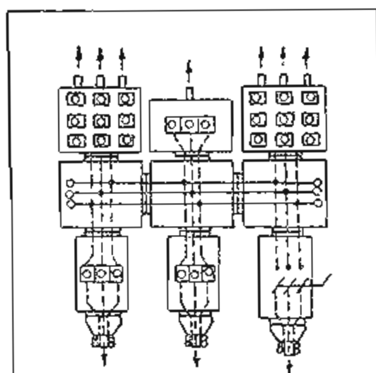


Fig. 5.69. Schema de legături a unui tablou capsulat.

5. Aparatajul tablourilor

Pe tablourile electrice se montează mai multe feluri de aparate. Astfel, la tablourile deschise sînt utilizate siguranțe de tip LS — cu legături în spate — în timp ce pe panourile din tablă se montează siguranțe de tipul LF — cu legături în față. Cînd aceste panouri au în ele tablouri cu plăci de marmură, se utilizează siguranțe LS.

Siguranțele LF se fixează pe benzile de oțel ale tablourilor, cu șuruburi mecanice, legăturile electrice fiind protejate prin capace de porțelan.

La tablourile capsulate, se utilizează siguranțe de tip LFi, fixîndu-se pe bare metalice. Legăturile lor electrice se fac pe aceeași parte pe care se montează și soclul.

Pentru tablouri generale și circuite mai încărcate se utilizează siguranțe cu mîner de 0,5 kV și 350 A sau mai mari.

Pe tablourile deschise, se montează întrerupătoare cu pîrghie și întrerupătoare pachet, bipolare sau tripolare.

La tablourile închise și capsulate se pot monta întrerupătoare și comutatoare pachet. Acestea se pot fixa pe partea din spate a panoului frontal sau a capacului cutiei capsulate, manevrarea făcîndu-se din afară.

Capitolul 6

EXECUȚIA, EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

A. ORGANIZAREA LOCULUI DE MUNCĂ

Conducătorul locului de muncă primind ordinul de începerea lucrării, trebuie să facă mai intîi un studiu al documentației de execuție, confruntînd planurile ce prevăd instalațiile de executat, cu situația construcției în care urmează a se realiza instalația electrică.

Această confruntare se face de-a lungul traseelor instalației, la pozițiile în care urmează a se monta aparatele și agregatele electrice etc.

Împreună cu șeful de echipă, se analizează situația utilajelor care urmează a fi racordate la rețeaua electrică, pentru a se vedea dacă soluția de racordare a fost bine aleasă, dacă poziția de montaj corespunde normelor în vigoare ș.a.

Maistrul executant, care trebuie să fie în același timp și cel care a depus dosarul preliminar, va studia observațiile făcute de întreprinderea furnizoare de energie, soluțiile propuse pentru racord, distanțele la punctele în care urmează a se racorda pentru a primi energie și condițiile existente în aceste puncte.

În urma acestei analize, va întocmi împreună cu șeful de lucrare, planul de desfășurare a procesului tehnologic al lucrării precizînd în amănunt ordinea în care aceste lucrări urmează a se executa și condițiile ce se cer îndeplinite în timpul desfășurării procesului de montaj.

În vederea asigurării condițiilor optime de desfășurare a lucrărilor, cunoscînd procesul tehnologic al acestora, conducătorul tehnic al lucrării va întocmi un plan de aprovizionare pe etape caracteristice, avînd grijă să stabilească în mod judicios cantitățile de materiale, sortimentele complete și termenele în care trebuie să sosească.

Odată stabilită desfășurarea procesului tehnologic, în conformitate cu termenele de predare aflate în contractele semnate de întreprinderea de execuție și de beneficiar, conducătorul tehnic al lucrării va proceda la stabilirea formațiilor de lucru, căutînd a respecta cît mai bine, echilibrul între categoriile lucrărilor ce urmează a fi executate și categoriile de încadrare a membrilor formațiilor de lucru.

Analizînd metodele de execuție care trebuie aplicate, va trage concluzii importante asupra utilajelor, făcînd un plan de desfășurare a activității legate de aceste utilaje. Așa de exemplu dacă trebuie montat un cablu îngropat și este necesar a se executa săpătură cu ajutorul unei mașini de tăiat șanțuri, se va socoti cantitatea de pămînt și cunoscînd productivitatea utilajului, se va stabili numărul de ore-utilaj necesar. În acest fel va putea planifica sosirea pe șantier a utilajului și numărul de ore de activitate.

Cunoscîndu-se situația din teren, se va putea solicita la vreme utilajele de mică mecanizare necesare, ca de altfel și celelalte scule și dispozitive necesare.

Odată stabilită tehnologia de execuție, ordinea operațiilor și formațiile de lucru, maistrul va trece la instructajul de tehnica securității muncii.

Se va face mai întîi instructajul general, deobicei la angajarea muncitorilor, și care cuprinde ansamblul măsurilor de tehnica securității muncii, la locul de muncă, pentru operațiile specifice măiestriei, ce urmează a se executa. Se va întocmi și completa fișa de instructaj, trecîndu-se în ea operațiile despre care s-a discutat și articolele prelucrate.

După instructajul de tehnica securității muncii, maistrul împreună cu șeful de echipă, va proceda la trasarea instalațiilor conform planurilor de execuție și eventualelor obiecții, rezolvate de organele beneficiarului și proiectantului.

B. OPERAȚII PREGĂTITOARE. EXECUTAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

În această parte a lucrărilor, de-a lungul traseelor circuitelor, trebuie să se treacă după caz, fie la montarea conductoarelor INTENC vizibil pe peretele de cărămidă netencuit, fie la executarea șanțurilor necesare montajului îngropat al tuburilor IP, fie la montarea consolelor sau diblurilor, atunci cînd tuburi sau cabluri urmează a fi montate vizibil pe tencuială.

Operația de executarea șanțurilor în zidăria de cărămidă se va face pe cît posibil mecanizat, cu o mașină de săpat în zidărie.

Șanțurile se execută în rosturile dintre cărămizi pentru a fi mai ușor de executat și a nu risca să se dărîme zidurile. În soluțiile actuale, zidăriile de cărămidă sînt subțiri, și de aceea executarea șanțurilor se face cu multă atenție și cu scule — dălți — bine ascuțite.

Trecerile prin ziduri se pot da cu aceeași mașină prevăzută cu echipamente potrivite acestui scop.

Pentru traseele circuitelor se folosesc zidurile interioare, ferind astfel instalația de eventualele condensări, ce pot avea loc pe zidurile exte-

rioare, în anotimpurile reci. Apa condensată pe tuburile montate în zidăria exterioară, poate duce la scurtcircuite în tuburile sau dozele aflate pe aceste trasee, datorită umezelii și măririi conductivității. Pentru fixarea consolelor pe ziduri sau planșee se poate folosi pistolul de împușcat dibluri.

În timpul executării șanțurilor și străpungerilor, tuburile se pregătesc pentru montaj. Ele trebuie îndreptate și curățite la capete, iar pentru îndoirea lor se folosesc clești speciali — pentru tuburile IP — și prese de îndoit țeavă — pentru tuburile IPE. Îndoirea tuburilor din PCV se face la cald.

O dată cu montarea tuburilor sub tencuială, se montează și dozele, iar conductoarele se trag pe tuburi după ce instalația este terminată și tencuielile executate și uscate.

Introducerea conductoarelor pe tub trebuie să se facă în așa fel ca acestea să poată fi înlocuite în caz de nevoie.

Montarea dozelor trebuie făcută la locuri accesibile iar după executarea legăturilor în doze trebuie montate capacele. Conectarea conductoarelor din cupru se face prin cositorire iar a celor din aluminiu cu cleme.

Tablourile se montează la locurile stabilite prin proiect, fiind închise în cutii sau rame de lemn sau din tablă de oțel, pentru a fi ferite de praf sau loviri.

Aparatele de manevră se montează la locurile stabilite și la înălțimile prescrise, după anumite scheme de montaj (fig. 6.1).

În același timp cu executarea lucrărilor de instalații electrice se montează și circuitele instalațiilor de curenți slabi, telefoane, sonerii, radioficare, ceasuri electrice etc., însă pe trasee diferite, cu tuburi și doze complet separate.

C. ALEGEREA MATERIALULUI ȘI A MODULUI DE LUCRU

Conform normativului CSCAS I. 7-68, alegerea materialului se face ținînd seama de natura încăperii și mediul înconjurător.

La încăperile uscate, instalațiile se pot executa aparente cu conductoare izolate sau neizolate, cu bare de cupru sau aluminiu montate aparent sau îngropat, cu tuburi de protecție. IP, P, IPE sau țevi pentru instalații de gaz.

Conductoarele izolate sînt de tipul F-500 sau AF-500. De asemenea se mai pot executa instalații cu conductoare armate tip FA 1 000.

La instalații îngropate sub tencuială se folosesc tuburile IP, IPE sau țevi pentru instalații cu conductoare F 500 sau AF 500. Îmbinarea și etanșarea tuburilor IPE, cu mufe pentru înșurubare, se face cu cînepă și miniu de plumb.

Nr. cr.	Denumirea	Schema multifilară	Schemă unifilară
1	Intrerupător unipolar		
2	Intrerupător bipolar		
3	Intrerupător tripolar		
4	Comutator de grupă		
5	Comutator-serie		
6	Comutatoare de capăt pentru scară		
7	Comutatoare de capăt și cruce pentru scară.		

Fig. 6.1. Scheme de conexiuni folosind întrerupătoare și comutatoare.

În încăperi cu umiditate intermitentă sau continuă, instalațiile electrice se pot executa aparent, pe izolatoare, cu conductoare neizolate sau cu bare de cupru sau aluminiu.

În aceste încăperi instalațiile se mai pot executa și cu tuburi IPE sau țevi pentru instalații de gaze, cu conductoare F 500 sau AF 500. Etanșarea trebuie realizată cu multă grijă, făcîndu-se și probe de presiune.

La instalațiile îngropate se folosesc după caz tuburi IP și IPE sau țevi pentru instalații de gaze, îmbinate prin filete și etanșate cu cînepă și miniu de plumb, cu conductoare F 500 sau AF 500.

De asemenea, instalațiile mai pot fi executate în astfel de încăperi cu cabluri cu izolație de cauciuc, cu cabluri de tipul CP, CPB, ACP, ACPB, ACYY ACYY, CYYB, ACYYB și cabluri cu izolația de hîrtie, de tipul CHP și CHPB fără stratul de iută. La acest fel de încăperi aparatele și corpurile de iluminat sînt de tipul impermeabil.

În încăperile în care se degajă vapori corosivi, instalațiile electrice se execută la fel ca în încăperile cu umiditate continuă, cu deosebirea că barele și conductoarele montate pe izolatoare trebuie protejate cu vopsea antiacidă. Tuburile IPE și țevile de gaz sînt și ele vopsite cu vopsea antiacidă, iar cablurile sub plumb sînt de tipul CPI, CPBI, ACPI, cu înveliș de protecție contra mediului acid.

Tablourile electrice, aparatele de manevră și motoarele care nu pot fi instalate în afara acestor încăperi, sînt de tipul capsulat iar lămpile, cu aparatură etanșă, sînt protejate prin vopsire cu vopsea antiacidă.

În încăperile unde au loc degajări de vapori corosivi, cablurile și tuburile de protecție ale cablurilor se protejează cu vopsea anticorosivă, corpurile de iluminat și aparatele de manevră trebuind să fie de tipul etanș. În încăperile cu praf incendiar motoarele sînt de tipul capsulat ca și în încăperile în care se găsesc lichide inflamabile. În încăperile în care există pericol de incendiu nu se montează aparate de manevră iar dacă sînt absolut necesare se montează de tipul capsulat.

În încăperile cu pericol de explozie, trebuie luate măsuri speciale în ce privește exploatarea instalațiilor, personalul operator trebuind să cunoască caracteristicile instalațiilor și instrucțiunile de folosire, care trebuie aplicate întocmai. Aceste instrucțiuni pot diferi în funcție de gradul de periculozitate al unității respective

D. CRITERII DE AMPLASARE ȘI MONTARE A APARATAJULUI

Aparatele de manevră ca : întrerupătoare, comutatoare sau prize se pot monta aparent sau îngropat. Pe un perete din material combustibil se așază sub aparat o placă de azbest, pentru ca să nu existe pericolul de incendiu.

Se recomandă ca montarea acestor aparate să se facă la înălțimea de 1,50 m de la pardoseala finită.

În camerele de locuit, prizele se recomandă să se monteze la 0,40 m de la pardoseală iar în bucătării și pentru frigidere electrice la 1,20 m. În școli, grădinițe și în camere unde pot avea acces copiii aparatele se montează la înălțimi de 1,50 — 1,80 m de la pardoseală.

Corpurile de iluminat se montează la plafon fixate în console sau suspendate pe cîrlige, iar cele montate pe perete se fixează în dibluri cu șuruburi pentru lemn. În încăperile umede diblurile sau consolele se fixează cu ciment.

Motoarele electrice se montează pe fundații de beton, pe postamente metalice sau pe console fixate în perete.

Aparatele pentru comanda motoarelor se pot monta pe un schelet metalic, amplasat lîngă utilaj sau chiar pe corpul acestuia, luîndu-se toate măsurile de protecție mecanică.

Fundațiile și postamentele depășesc cu 10—25 cm fiecare latură a suprafeței ocupate de plăcile sau glisierele de fixare a mașinilor și sînt ridicate de la pardoseală cu 40—60 cm. Împotriva zgomotelor și a vibrațiilor însoțite de zgomote se prevede un strat de plută de 5—6 cm în fundație (fig. 6.2).

Motoarele electrice care sînt cuplate prin curele se fixează pe glisiere iar la motoarele care sînt cuplate direct trebuie să se asigure coaxialitatea cu utilajele respective.

Tablourile de distribuție pe plăci de marmură sau cele de tipul „Electroaparataj" folosite la construcții civile, se montează la înălțimea de

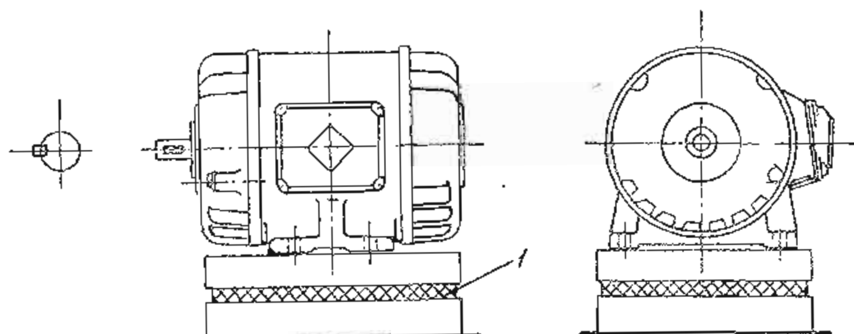


Fig. 6.2. Motor electric montat pe fundație:
1 — strat de plută.

1,80...2 m. La construcțiile industriale tablourile se fixează cu partea de sus pînă la înălțimea de 2,20 m de la pardoseală.

Părțile metalice ale instalațiilor tablourilor, se leagă la conductorul sau la bara de protecție. Toate părțile metalice se vopsesc cu vopsea rezistentă.

Tablourile capsulate se fixează pe pereți sau pe pardoseală, în spatele lor lăsîndu-se spațiul necesar trecerii tuburilor sau cablurilor ce se leagă la tablou.

E. EXECUTAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

Coloanele de alimentare ale tablourilor și cele de distribuție se execută din cabluri sau conductoare trase în tuburi de protecție sau țevi din oțel, montate în canale lăsate în pardoseală, acoperite cu tablă striată.

Traseele circuitelor se execută în linie dreaptă, numai orizontal sau vertical.

Montarea tuburilor se face la 30...40 cm de la plafon iar întrerupătoarele și comutatoarele la 15...20 cm față de tocul ușii. Este interzisă montarea unui aparat de manevră; întrerupător, comutator etc., în apropierea unei chiuvete sau radiator de încălzire, astfel încît să poată fi atinse deodată de aceeași persoană.

Dozele de legătură se montează după trei coturi și o lungime de tub de 9 m, la conductoare din cupru iar la conductoare din aluminiu după două coturi și 6 m de tub.

Instalațiile electrice se execută în interiorul clădirilor, evitîndu-se folosirea podurilor caselor pentru trecerea circuitelor de la o doză la alta.

Golurile în diafragme sau planșee de beton sînt de obicei lăsate din turnare. Dacă ele au fost omise se vor realiza de către electricieni. Acest lucru trebuie făcut cu multă atenție utilizîndu-se scule potrivite pentru a nu se slăbi structura de rezistență a construcției.

a. **Montarea tuburilor IP.** Tuburile IP se montează aparent sau îngropat. La montarea aparentă a tuburilor se folosesc pentru fixare scoabe, care se pun la distanțe de 70...80 cm. La curbe scoabele se montează la 10...15 cm. Fixarea scoabelor se face cu șuruburi pentru lemn iar diblurile din lemn sînt îngropate în zid și fixate cu ipsos sau cu mortar de ciment, după natura încăperii și gradul de umiditate al acesteia. Înnădirea tuburilor IP se poate face cu manșoane (mufe) executate din învelișul metalic desfăcut de pe tub.

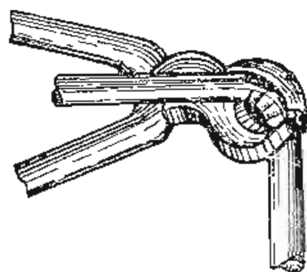


Fig. 6.3. Cleşte de îndoit tub IP.

Pentru îndoirea tuburilor IP se folosește un cleşte special (fig. 6.3), care prin apăsare face cute pe tub. Mărimea curbei este în funcție de numărul de cute. Este bine ca raza de curbură să fie cît mai mare, pentru a se trage conductoarele mai ușor.

Tuburile montate pe planșee de beton se protejează cu mortar de ciment. Pentru montarea mai multor tuburi în același șanț, acesta se execută pe zidărie, pe o lățime corespunzătoare numărului de tuburi și diametrului acestora.

De pe capetele tuburilor care intră în dozele de derivație sau de aparat se îndepărtează mantaua metalică protectoare, iar la tablouri și la locurile de lampă, pentru protejarea conductoarelor, se montează tile sau pipe din PCV sau din porțelan. După montarea tuburilor și a dozelor, acestea se astupă cu hîrtie, pentru a se proteja împotriva pătrunderii înăuntru a mortarului utilizat la executarea lucrărilor de tencuieli.

b. **Montarea tuburilor din PCV.** Tuburile din mase plastice PCV se folosesc ca înlocuitori de tub IP. Aceste tuburi se fabrică cu diametrele : 16/14 ; 18/16, 25/21,8 ; 32/28,4 ; 39/35,4 ; 50/43 mm.

Îmbinările lor se fac cu ajutorul mufelor iar la schimbările de direcție se folosesc curbe executate de fabrică și livrate la diametrele tuburilor.

Pentru legături se folosesc aceleași doze ca la tuburile IP, sau doze din PCV. În rest, tehnologia de montaj este asemănătoare cu cea a tuburilor IP. Aceste tuburi pot fi folosite atît la instalațiile îngropate cît și la cele aparente. În cazul în care mufele și curbele lipsesc, acestea pot fi executate pe șantier. În acest scop se poate folosi lampa de benzină sau butelia de aragaz, însă trebuie luate măsuri ca tuburile cu diametre mari să fie mai întîi umplute cu nisip fin și după aceea curbate, altfel curbele se execută cu cute sau ovalizate. Se va avea grije ca flacăra să fie ținută mai departe de țeavă, pentru ca materialul să nu fie ars.

c. **Montarea tuburilor P** (tuburi protectoare). Se montează numai aparent ; tehnologia se aseamănă cu aceea de la montarea tuburilor IP, cu deosebirea că mufele, curbele, coturile și dozele, sînt aprovizionate pe șantiere gata confecționate.

Capetele tuburilor tăiate cu ferăstrăul de țeavă, se curăță de bavuri cu pila înainte de a fi introduse în doze, mufe, curbe etc. Cele rămase libere trebuie prevăzute la ieșire cu tile, pentru a nu tăia izolația conductoarelor atunci cînd acestea sînt introduse pe tuburi.

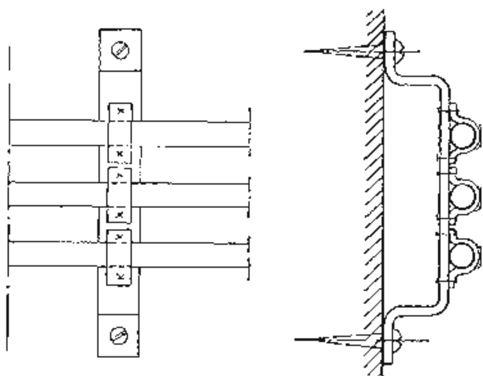


Fig. 6.4 Tuburi IPE montate pe console

d. **Montarea tuburilor IPE.** Tuburile IPE izolante, de protecție, etanșe se montează aparent și unde este nevoie se pot monta și îngropat.

Montajul se execută în general pe console fixate pe pereți, la distanță de 3...5 cm de la perete. Prinderea de consolă se face cu scoabe și șuruburi cu piuliță (fig. 6.4).

Înainte de începerea montajului tuburile sînt tăiate la dimensiunea necesară și apoi filetate la capete, cu clupe de filetat (fig. 6.5). Etan-

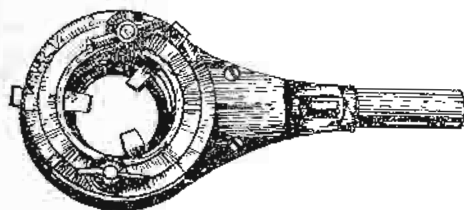


Fig. 6.5. Clupă de filetat tuburi IPE.

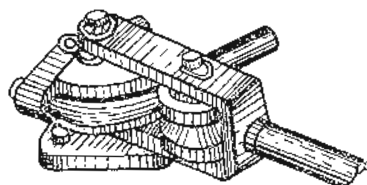


Fig. 6.6 Dispozitiv de îndoit tuburi IPE.

șarea îmbinărilor se realizează cu cînepă și miniu de plumb. Ca accesorii de montaj se folosesc mufe, coturi și doze IPE, corespunzătoare diametrelor tuburilor.

În timpul montajului este bine să se folosească și curbe executate pe șantier la rece. Acestea se execută cu un dispozitiv de îndoit țeavă (fig. 6.6), care permite executarea curbelor cu raza de curbură necesară montajului.

La instalațiile executate cu tuburi P și IPE în afară de fitinguri, mufe, coturi, teuri etc., racordarea utilajelor se mai poate face și cu tub flexibil, care poate fi modelat după dorință.

Ca înlocuitor al tuburilor IPE se poate folosi țeava neagră de gaze, care se prelucrează și se montează ca și tubul IPE și tub PCV-IPE cu diametrele : 16/14 ; 20/16,8 ; 25/21,8 ; 32/28,8 ; 40/36,4 ; 50/46 mm.

c. **Montarea conductoarelor.** La instalațiile îngropate, introducerea conductoarelor în tuburi se începe numai după uscarea tencuielilor și pregătirea dozelor, care trebuie curățite de hîrtie și scoase la nivelul tencuielii, dacă este cazul. Tragerea conductoarelor se face în caz de nevoie cu ajutorul unei sîrme de oțel galvanizat de 1...1,5 mm. Nu este permisă înnădirea conductoarelor pe tuburi.

Conductoarele de cupru se înnădesc în doze. După ce se degresează și se decapează bine, se răsucesc împreună cu cleștele și se cositoresc, pentru a se asigura un contact cît mai bun, după care se izolează cu bandă izolatoare.

La legarea conductoarelor de aluminiu se folosesc cleme speciale, care le asigură un contact bun, după care se izolează cu bandă izolatoare.

Conductoarele de cupru mai mari de 10 mm^2 se înnădesc prin lipire în manșoane din bronz, cositorite în prealabil, după care se izolează.

Conductoarele de aluminiu se introduc pe tub prin împingere și nu prin tragere, deoarece aluminiul fiind ductil, prin tragere, acestea se pot subția. Îndoirile repetate ale conductoarelor de aluminiu pot duce la ruperea lor.

Îmbinarea unui conductor de cupru cu unul de aluminiu se face cu cleme speciale „CUPAL" deoarece contactul direct între aluminiu și cupru poate duce, prin trecerea curentului, la formarea unei pile electrolitice.

În instalațiile electrice. domeniul de folosire al conductoarelor de aluminiu este oarecum limitat, acestea fiind interzise la instalații electrice în : cinematografe, unele încăperi din spitale, teatre, iluminat de siguranță, magazine mari, instalații de semnalizare etc., și pretutindeni unde este necesară o siguranță sporită în exploatare.

f. **Montarea conductoarelor INTENC.** Conductoarele INTENC sînt folosite pe scară largă la lucrările de locuințe. Fixarea lor se face cu ajutorul legăturilor de sîrmă prinse în cuie sau cu copci de ipsos, aplicate de-a lungul conductorului din loc în loc. Curbele acestui gen de conductor se fac prin despărțirea conductoarelor pe o lungime de 10—20 cm, făcută cu grijă pentru a nu înlătura și izolația de pe conductor (fig. 6.7).

Regulile de alegerea traseelor, amplasarea aparatelor (întrerupător, priză, comutator) sînt aceleași ca și la instalațiile executate cu tuburi IP.

Executarea instalațiilor electrice cu conductori INTENC prezintă avantajul că acestea se pot executa într-un timp scurt, evitîndu-se spargerea zidurilor, operațiile de montaj fiind mai simple.

g. **Instalațiile electrice pe role** se execută în locurile cu umiditate excesivă. Tehnologia de montaj a acestui sistem de instalație cere din partea lucrătorului, o mai mare atenție în ceea ce privește montarea rolelor, fixarea conductoarelor pe role, montarea aparatelor și lămpilor (fig. 6.8).

h. **Montarea corpurilor de iluminat.** Corpurile de iluminat se pot monta la plafon, pe pereți, pe stîlpi, grinzi etc. Fixarea lor se face fie cu șuruburi în dibluri de lemn, fie suspendate de plafon cu cîrlige. Alegerea tipului de corp de iluminat este în funcție de natura încăperii.

La montare, conductorul de nul trebuie să fie legat de filetul duliei.

i. **Instalații electrice executate la construcții prefabricate din panouri mari.** Panourile mari se realizează prin turnare în poziție verticală. În vederea executării instalațiilor electrice în aceste panouri, se prevăd din turnare canale drepte, prin mijlocul panoului.

În locul pentru montarea dozelor de aparat, se prevăd găuri tronconice străpunse ; aparatul se montează într-o parte sau alta a golului, după cum panoul este montat „dreapta" sau „stînga". Dozele de derivație se montează la marginea superioară a panourilor ; pentru ele se lasă în panouri adîncituri, care permit introducerea mîinii pentru racordarea tuburilor la doză.

Atît dozele de derivație cît și dozele pentru prize sînt plasate pe cît posibil la mijlocul panourilor.

De asemenea la turnare, se lasă în planșee canale pentru circuitele electrice din pardoseală sau sînt montate în masa betonului tuburi din

PCV, prin care se introduce sîrmă din fier galvanizată, cu ajutorul căreia se vor putea trage ulterior conductoarele, după asamblarea panourilor pe șantier.

Coloanele electrice, care alimentează tablourile, se montează pe șantier într-un canal lăsat din turnare la un panou de pe casa scării. După

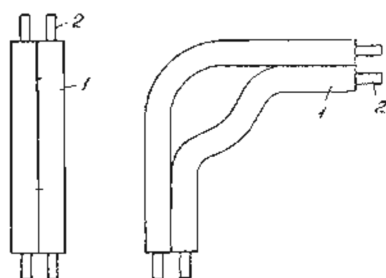


Fig. 6.7. Cot de conductor INTENC: 1 — manta de cauciuc; 2 — conductoare în policlorură de vinil.

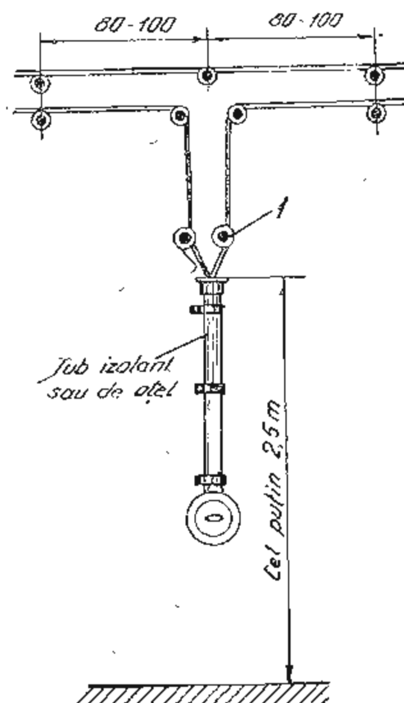


Fig. 6.8 Instalație executată pe role.

montare, canalul se acoperă cu o mască prefabricată, prevăzută la fiecare nivel cu un capac de vizitare de dimensiuni corespunzătoare, care acoperă o doză.

Doza este împărțită, avînd într-o parte circuitele de telefon iar în cealaltă parte circuitele de lumină și prize. În rest tehnologia de montare este asemănătoare cu a instalatiilor în tub IP sau INTENC.

j. **Instalații electrice la construcții spațiale.** La acest sistem instalația electrică se execută în două faze. Odată cu așezarea oțelului beton pe cofraj se montează de către echipele de electricieni tuburile din PCV, cu dozele de aparat și dozele de derivații din PCV. Pe tuburi se introduce sîrmă de oțel galvanizată necesară tragerii ulterioare a conductoarelor iar în doze se pune un dop de hîrtie pentru a împiedica pătrunderea și întărirea betonului sau a mortarului în doză.

După decofrare se scoate hîrtia din doze și se încearcă sîrmele de oțel cu ajutorul cărora se trag conductoarele. Diblurile pentru aplice, tablouri, cîrlige de plafon etc. se așază în cofraj înainte de turnare.

Dozele de derivații sînt montate la plafonul încăperilor. unde nu deranjează din punct de vedere estetic. Ele sînt prevăzute cu capace care după montare trebuie să fie la nivelul plafonului.

Pentru fixarea dozelor de aparat, cofrajele sînt prevăzute cu găuri iar doza se fixează cu sîrmă, care se rupe singură la decofrare. De asemenea pe cofraj sînt prevăzute piese speciale, care la decofrare lasă un

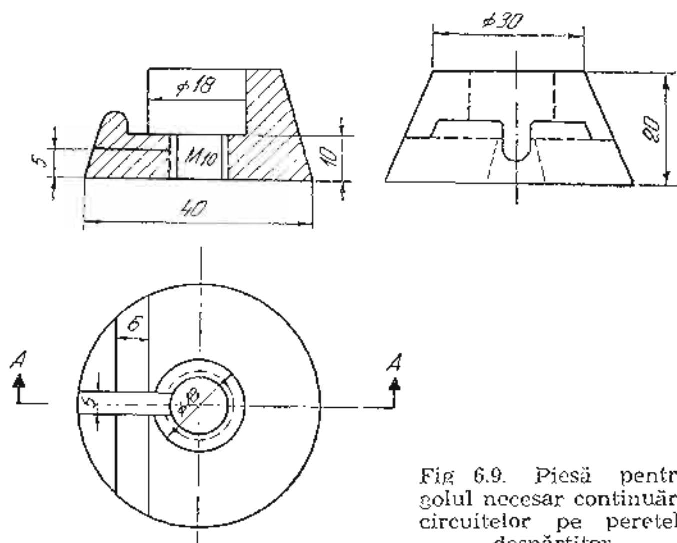


Fig 6.9. Piesă pentru golul necesar continuării circuitelor pe peretele despărțitor.

gol în panou, în care urmează a se face racordarea instalației la tabloul electric, la corpurile de iluminat și la instalația executată în pereții despărțitori.

Tuburile se fixează în dozele de ramificații și în piese speciale, cum sînt : piesa conică pentru circuitul lustrelor ; piesă pentru golul necesar continuării circuitelor pe peretele despărțitor etc. (fig. 6.9).

F. VERIFICAREA ȘI RECEPȚIONAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

Verificarea instalațiilor. După depunerea dosarului preliminar de către instalatorul autorizat la întreprinderea de distribuție a energiei electrice, instalația poate fi începută. În timpul executării delegații întreprinderii furnizoare de energie verifică felul în care se execută lucrările

de instalații și anume dacă acestea sînt în conformitate cu aprobările date pe dosarul preliminar și cu normativele în vigoare.

O a doua verificare se face după ce s-a depus de către instalatorul autorizat, dosarul definitiv. La această verificare se controlează rezistența izolației față de pămînt și a conductoarelor între ele.

Rezistența se măsoară cu ajutorul inductorului ; instalatorul trebuie să prezinte la verificare schemele instalației.

După efectuarea tuturor verificărilor și dacă instalația corespunde proiectului, normativelor în vigoare și dosarului definitiv, lucrarea se declară recepționată, drept pentru care se întocmește un proces-verbal pentru punerea în funcțiune.

Exploatarea instalațiilor electrice se face de către instalatori calificați conduși de un maistru tehnician sau inginer, în funcție de complexitatea instalațiilor. În întreprinderile unde se lucrează în trei schimburi trebuie ca și echipele de întreținere să fie organizate în acest fel.

Întreprinderile consumatoare de energie electrică răspund de buna funcționare a instalațiilor și de folosirea rațională a energiei electrice, trebuind să respecte regimul de consum. Conducerile întreprinderilor sînt obligate să ia toate măsurile pentru ca reparațiile la instalații să se facă la vreme și în bune condiții.

Îmbunătățirea factorului de putere se poate obține mai întîi prin măsuri tehnico-organizatorice, prin automatizări în exploatare etc. și apoi prin montarea unei instalații de condensatoare sau compensatoare sincrone, acestea din urmă justificate numai la puteri foarte mari și pentru îndeplinirea simultană și a altor sarcini cum sînt : reglarea tensiunii, stabilitatea funcționării etc.

Reviziile periodice, norme de întreținere și personalul de exploatare. Instalațiile de lumină și forță care funcționează permanent au nevoie să fie întreținute. Reparațiile trebuie făcute la timp, defecțiunile nu trebuie lăsate să se agraveze deoarece pot duce la pagube însemnate și la accidente.

Electricianul care face întreținerea, are obligația să asigure în permanență o bună funcționare a instalației. Pentru aceasta este necesar să se facă zilnic un control și o curățire a instalațiilor și mașinilor, să se facă revizii periodice mașinilor, în pauzele tehnologice ale procesului de producție. În aceste condiții durata de funcționare a unei instalații este cu mult prelungită. De asemenea, trebuie înlocuite becurile arse, iar contactele la aparate trebuie controlate pentru a se menține în stare de funcționare. Același lucru în ce privește iluminatul de siguranță și instalația de avertizare a incendiilor, care funcționează cu tensiuni reduse. Nu trebuie făcute niciodată improvizații, care pot provoca deranjamente în instalație.

O atenție deosebită trebuie acordată verificării motoarelor electrice, care au nevoie de un control zilnic în ceea ce privește : lagărele, colectoarele, reglajul fin al aparaturii de protecție, completarea uleiului la

aparate și la lagăre, dacă nivelul este scăzut. Dacă uleiul în aparat este murdar trebuie să fie înlocuit iar legăturile de punere la pămînt a instalațiilor și motoarelor trebuie verificate periodic, iar valoarea rezistenței prizei de pămînt trebuie măsurată cel puțin de două ori pe an, în anotimpurile secetoase și în cele umede.

G. MĂSURI DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII

În timpul executării lucrărilor de instalații electrice de montare a tuburilor sau conductoarelor INTENC într-o construcție, muncitorii care fac lucrările de spargere a zidurilor sau a planșeelor trebuie să poarte ochelari de protecție.

Dacă se lucrează în încăperi lipsite de lumină, trebuie să se asigure din timp iluminatul electric, printr-o instalație provizorie racordată la o tensiune de 12-24 V.

Muncitorii care execută lucrări de sudură electrică sau autogenă, trebuie să aibă asupra lor, echipamentul de protecție.

La instalațiile de forță în funcțiune, trebuie să existe atît în fața tabloului cît și în spatele lui o platformă de lemn sau covoare de cauciuc, pentru protecția împotriva electrocutării.

În spatele tabloului se intră numai după ce instalația a fost deconectată și s-a afișat o placardă la sursă, avertizîndu-se astfel că se lucrează, pentru ca să nu se conecteze. Verificarea defecțiunii se va face numai cu aparate sau cu lampă de probă.

Nu se admite în nici un caz executarea lucrărilor de reparații și montaj la motoarele electrice, la aparatele automate și la restul instalației de forță, cu instalația aflată sub tensiune.

Lucrările la o înălțime mai mare de 2,50 m de la pardoseală, se execută numai pe schele sau platforme mobile, prevăzute cu balustrade rezistente, înalte de 1 m, iar cele sub 2,50 m se execută numai de pe scări duble.

Sculele cu care se lucrează (ciocane, dălți, spiț, clești, șurubelnițe etc.) trebuie să fie în stare bună și să nu prezinte pericol de accidentare a muncitorilor.

Capitolul 7

INSTALAȚII DE CURENȚI SLABI

A. GENERALITĂȚI

În tehnica modernă sînt folosiți curenți sub 1 A într-o varietate de instalații de semnalizare, comandă la distanță etc., numite instalații de curenți slabi. Aceste instalații sînt folosite pentru semnalizare optică sau acustică, semnalizare și comandă de la distanță, avertizare și pază, măsurare și control, telefoane, radioficare, televiziune etc.

Instalațiile de semnalizare optică sau acustică sînt foarte mult folosite în întreprinderi, în scopul urmăririi desfășurării procesului tehnologic, pentru semnalarea unei avarii etc. De asemenea aceste instalații sînt din ce în ce mai mult folosite pe arterele principale de circulație rutieră, feroviară și portuară, servind la reglementarea circulației. În navigație, sînt folosite pentru transmiterea de mesaje, iar în exploatările miniere sînt folosite la orientarea diferitelor activități, ce au loc în galerii și puțuri. În construcții civile aceste instalații servesc pentru chemări și căutări de persoane, folosind în acest scop anumite indicative și apeluri, iar în exterior servesc la reclame luminoase.

Instalațiile de semnalizare și de comandă la distanță sînt folosite la automatizarea proceselor de producție, la comanda aparatelor de protecție a utilajelor, la aprinderea și stingerea iluminatului public de pe străzi și din parcuri, la prevenirea deranjamentelor, a accidentelor etc.

Instalațiile de măsurat și control sînt folosite în industrie pentru măsurarea diferiților parametri, pentru controlul serviciilor de pază, număratul obiectelor, măsurarea timpului etc.

Instalațiile de avertizare și pază sînt folosite cu scopul de a se da alarma în momentul apariției unui incendiu etc.

Instalațiile de telefoane, radioficare și televiziune sînt folosite cu scopul de a se transmite la distanță o convorbire, un comunicat, muzică și imagini. Aceste instalații pot funcționa atît cu curent continuu cît și cu curent alternativ.

Sursa de alimentare a instalațiilor de curenți slabi poate fi : bateriile de acumulatoare sau redresoare, elemente galvanice și în cazul curentului alternativ, transformatoare reductoare de tensiune.

Tensiunile folosite sînt de 6—12 V pentru distanțe scurte și 24, 36, 42 sau 60 V pentru distanțe lungi. Instalațiile de semnalizare acustică cuprind instalațiile de sonerie și instalațiile de alarmă, care în momentul intrării în funcție produc un sunet, ca element de semnalizare la distanță.

B. INSTALAȚIA DE SONERIE

Instalația de sonerie servește la efectuarea unor apeluri sonore. Apelul sonor durează numai atîta timp cît se apasă pe butonul de comandă, timp în care curentul circulă prin instalație.

Soneria sau vibratorul produce un sunet datorită unui dispozitiv care este alcătuit dintr-un mic electromagnet și o armătură în formă de lamă, care acționează asupra unui clopot sau a unui vibrator. Figura 7.1 reprezintă clopotul de sonerie. În momentul apăsării pe buton, circuitul se închide și funcționează prin atragerea armăturii mobile *5* de către electromagnetul *3*, care produce prin lovirea clopotului *1* un sunet. Prin întreruperea curentului la contactul *6*, electromagnetul se demagnetizează iar armătura restabilește circuitul electric, datorită electricității suportului său. În acest fel se repetă ritmic sunetele.

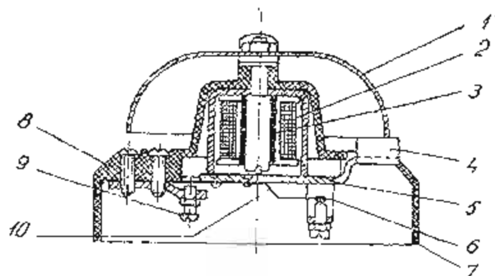


Fig. 7.1. Clopot de sonerie:
1 — clopot; *2* — bobină; *3* — electromagnet; *4* — ciocănel; *5* — armătură mobilă; *6* — contact; *7* — postament; *8* — suport izolant; *9* — șurub de reglare; *10* — lamă elastică.

Figura 7.2 reprezintă vibratorul electric care se mai numește și buzzer. Acesta înlocuiește clopotul de sonerie și produce un sunet mai slab, motiv pentru care este folosit în încăperile unde nu trebuie tulburată liniștea. Principiul de funcționare este identic cu cel al clopotului de sonerie, dar în loc de lamă elastică ciocanul are numai o lamă metalică de tombac, care este atrasă de un mic electromagnet și produce un bîzîit (un sunet surd).

Clopotele de sonerie și buzzerele sînt executate pentru tensiuni de 5, 12 sau 24 V. Cele de 12 V mai au montată o bornă, care le permite să funcționeze și la 8 V. Sursa de alimentare poate fi atît curentul continuu cît și cel alternativ, folosindu-se în acest scop un transformator monofazic pentru sonerie.

Pentru producerea unor sunete mai puternice în afara clădirilor, sînt folosite în locul soneriilor claxoane (hupe) sau sirene. Ca să producă un sunet puternic, claxoanele au ca armătură o membrană metalică.

bine întinsă care atrasă ritmic de electromagnet produce vibrații ale aerului. Tensiunea la care funcționează claxoanele la curent continuu este de 6 pînă la 60 V. Se produc sunete ce corespund unui număr de 600—800 vibrații pe secundă. În curent alternativ cu tensiunea de 110—220 V, sunetele produse sînt mai surde și corespund unui număr de

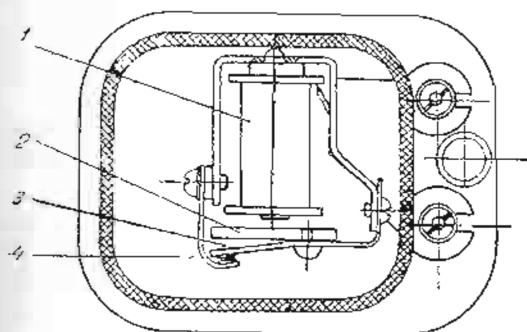


Fig. 7.2. Vibrator electric (buzzer) :

1 — electromagnet ; 2 — armătură metalică ; 3 — lamă de tombac ; 4 — contact .

400—500 vibrații pe secundă. Cînd sunetul trebuie auzit la distanțe mai mari se folosesc sirene în locul claxoanelor ; acestea sînt acționate de motoare electrice. Sunetul este produs de izbiturile de aer ce se produc în aparat, prin învîrtirea foarte rapidă a unei tobe, închisă într-o carcasă cilindrică, prevăzută cu o serie de găuri oblice la periferie, prin care aerul trece, fiind împins în exterior sub presiune. Cu cît toba este învîrtită mai repede cu atît sunetul sirenei este mai ascuțit.

Transformatoarele de sonerie sînt construite pentru un curent nominal de 1 A astfel încît să se poată asigura două sau trei tensiuni secundare. Înfășurarea primară este legată permanent la rețeaua electrică cu frecvență de 50 Hz și absoarbe o putere de 0,5 W.

Pentru instalațiile cu mai multe clopote de sonerie, se construiesc transformatoare de puteri mai mari.

Transformatoarele de sonerie nu pot fi instalate în încăperi umede, cu pericol de explozie sau cu praf. La instalațiile din locuințe, panoul de sonerie se montează în vestibul, lîngă tabloul electric sau în tabloul electric tip electroaparataj (bloc electric). Cu ajutorul butoanelor de sonerie plasate în punctele necesare, instalația poate fi pusă în funcție.

La hoteluri, sanatorii, instituții cu mai multe etaje se folosesc tablouri de sonerie prevăzute cu clapete numerotate care indică locul unde s-a făcut apelul. Tablourile de sonerie se construiesc cu cinci numere, în carcasă metalică, numărul de clapete trebuind să fie egal cu cel al butoanelor. Fiecare clapetă este acționată de un declanșator electromagnetic, care este comandat de butonul de apel respectiv. Ridicarea numerelor se face manual cu ajutorul unei tije. Tablourile de sonerie sînt fabricate pentru o tensiune de 6 V și un curent de 0,3 A.

Schemele electrice ale instalaţiilor de sonerie. În instalaţiile de sonerie butoanele de apel sînt legate în serie cu soneria şi transformatorul. În figura 7.3 este reprezentată schema unui tablou de sonerie cu cinci

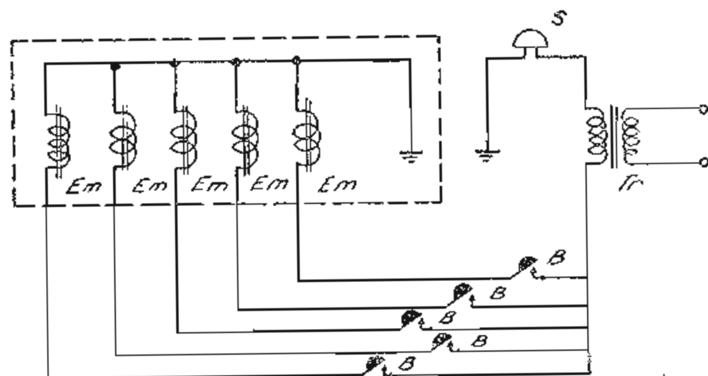


Fig. 7.3. Tablou de sonerie ; schema de montaj :
B — butoane de apel ; E_m — electromagnet cu placă căzătoare ;
S — sonerie electrică.

numere. Fiecare buton *B* închide, prin apăsare, circuitul unui electromagnet E_m ; acesta eliberează un zăvor, care provoacă căderea unei clapete numerotate.

Pentru a funcţiona, o instalaţie de semnalizare acustică necesită cîte două conductoare pe fiecare circuit, iar aparatele de comandă şi recepţie trebuie legate în derivaţie, pe diferitele circuite de semnalizare (fig. 7.4).

C. INSTALAŢII DE SEMNALIZARE OPTICĂ

În întreprinderi industriale, clădiri social-culturale, institute de proiectare etc., unde fie că liniştea nu trebuie tulburată de zgomotul soneriilor fie că zgomotul produs în procesul de producţie face ca soneriile să nu fie auzite, se folosesc semnalizatoare optice.

Acestea sînt folosite mai ales în hoteluri, spitale şi sanatorii pentru comanda, controlul şi supravegherea serviciilor.

În schema din figura 7.5 este reprezentată o instalaţie de semnalizare optică într-un spital. Schema reprezintă trei camere, din care două de bolnavi şi una de serviciu. În fiecare cameră sînt instalate butoane de apel *T* (tastere) şi cîte un buton *AT* de anulare a apelului, montate într-o doză comună. Dacă se apasă, de exemplu, pe butonul de apel T_1 din camera *I*, se excită un mic releu electromagnetic de apel R_1, care închide două circuite : primul comandă aprinderea unei lămpi de ca-

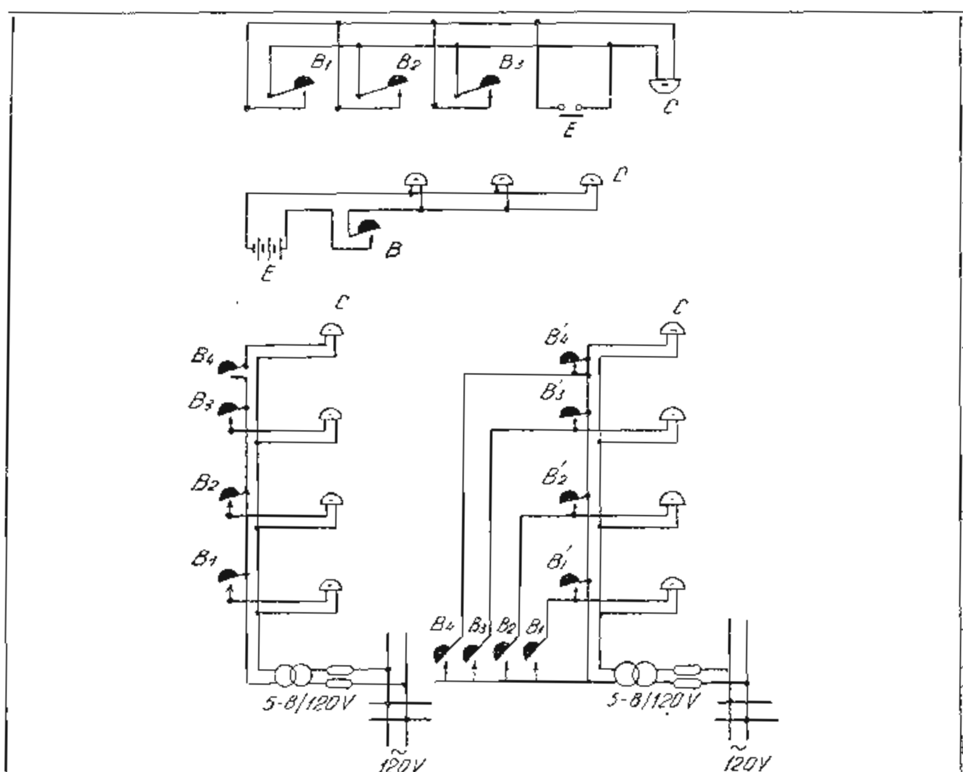


Fig. 7.4. Scheme ale instalațiilor de sonerie.

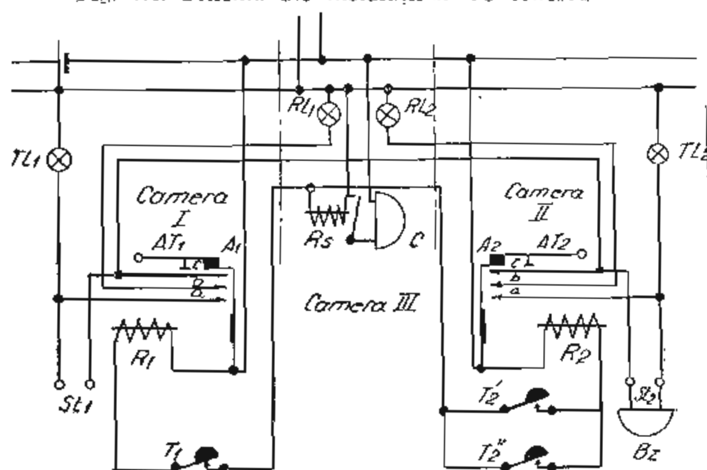


Fig. 7.5. Instalația de semnalizare optică pentru două camere dintr-un spital.

meră TL_1, instalată lateral sau deasupra camerei ușii, indicînd locul unde s-a făcut apelul; al doilea, comandă o a doua lampă, numită de recunoaștere RL_1, instalată pe un tablou de semnalizare în camera *III*, unde se află de serviciu, sora sau îngrijitoarea salonului respectiv.

În camera de serviciu mai este instalat și un clopot *C*, cu un releu de semnalizare acustică R_s care sună o dată cu aprinderea lămpilor; în acest fel apelul va fi recepționat în mod sigur. Releul R_1 rămîne excitat datorită zăvorului A_1 și după ce a încetat apelul produs prin apăsarea pe butonul T_1. Releul R_s acționează numai atîta timp cît se apasă pe butonul T_1, iar cu ajutorul lămpii de recunoaștere RL_1 și a lămpii TL_1, se găsește locul de unde s-a făcut chemarea. După ce apelul a fost satisfăcut, se apasă pe butonul de anulare AT_1, care eliberează zăvorul A_1 stingînd lămpile TL_1 și RL_1 și readucînd releul R_1, în poziția de repaus, pregătit pentru un nou apel.

Dacă sora de serviciu a fost chemată prin apăsarea pe butoanele T_2' sau T_2'' în camera *II* și întîrzie mai mult, ea introduce un buzzer de buzunar în priza St_2, pentru a fi avertizată în cazul unui apel din camera *I*.

Instalarea butoanelor de anulare se face de obicei lîngă ușă, pe noptiere sau lîngă paturile bolnavilor, folosindu-se butoane tip pară.

În clădirile mai importante cu mai multe etaje și culoare lungi, se prevăd lămpi de ghidare denumite lămpi de grupă, care indică direcția de unde s-a făcut apelul; aceasta pentru a veni în ajutorul celor care fac de serviciu (de gardă). Dacă este nevoie de chemat persoane cu munci diferite, ca: medic, soră, îngrijitoare sau la hotelurile de lux: camerista, îngrijitoarea, băiețița etc., schema se completează cu lămpi colorate diferit, pentru fiecare persoană chemată.

Toate aparatele pentru instalații de acest fel sînt executate din ebonită albă. Sursa de curent necesară funcționării instalației este asigurată de o baterie de acumulatoare sau din rețeaua de iluminat, printr-un transformator cu o tensiune secundară de 12 sau 24 V.

D. INSTALAȚII PENTRU CĂUTAREA PERSOANELOR

În întreprinderile mari, unde procesul tehnologic se desfășoară pe o suprafață mare, se folosesc instalații pentru căutarea persoanelor din conducere, cărora trebuie să li se facă comunicări urgente. În acest scop sînt instalate lămpi colorate de semnalizare în încăperile mai importante. În locul lămpilor se mai pot folosi sonerii cu cordoane și numere indicative. După ce persoana a fost găsită, trebuie să comunice prin telefon la serviciul de căutare, care poate fi centrala telefonică sau secretariatul întreprinderii. Schemele instalațiilor pentru căutarea persoanelor sînt aceleași ca ale instalațiilor de semnalizare optică pentru mai multe persoane.

E. INSTALAŢII DE CEASORNICE ELECTRICE

Instalaţiile de ceasornice acţionate electric sînt folosite în oraşe, în gări principale, în industrii etc., în scopul de a indica ora exactă atît în interiorul clădirilor, cît şi în exterior. În acest scop sînt folosite două sisteme de instalaţii :

— instalaţii cu ceas principal (ceas mamă), care este o pendulă ce măsoară timpul şi îl transmite la distanţă unor ceasornice secundare, prin impulsuri electromagnetice, cu ajutorul unor circuite electrice speciale ;

— instalaţii cu ceasornice independente, acţionate cu ajutorul unor micromotoare sincrone legate direct la o reţea de curent alternativ de joasă tensiune.

Ceasul principal este prevăzut cu un disc dinţat, cu mai multe contacte, cu ajutorul cărora el dă impulsuri electrice, electromagneţilor ceasurilor secundare, indicînd pentru toate aceeaşi oră care poate fi reglată la secundă sau la minut. Instalaţiile mijlocii şi mari (peste 80 ceasornice) sînt prevăzute cu un ceas principal de rezervă, pentru asigurarea unei funcţionări continue în caz de defectare. Impulsurile în circuitele de comandă sînt trimise prin intermediul unei centrale de comandă, care cuprinde o serie de mecanisme de contact, de avertizare a defectelor pe circuitele electrice şi de conectare automată a ceasornicului principal prevăzut ca rezervă.

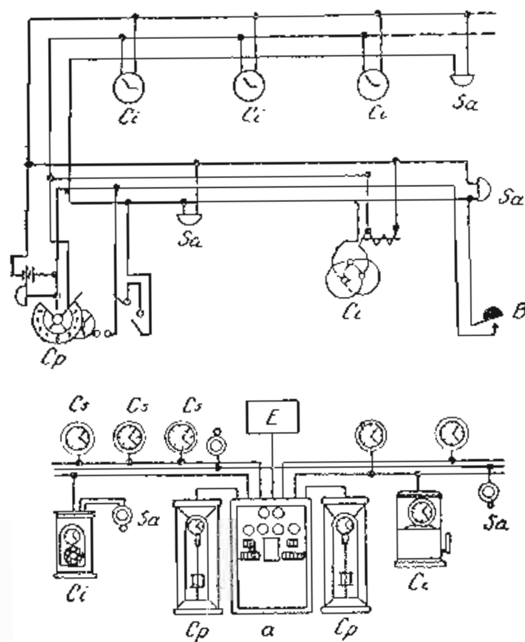


Fig. 7.6. Instalaţia de ceasornice electrice cu centrală.

Ceasornicele principale sînt prevăzute cu arc sau cu greutăţi, care le poate acţiona în cazul întreruperii alimentării cu energie electrică un timp de 24 ore, asigurîndu-se în acest scop o funcţionare continuă.

Ceasornicele principale C_p (fig. 7.6) sînt instalate în încăperi amenajate în acest scop, numite centrale de clasificare, de unde se comandă mai multe circuite. Pe fiecare circuit pot funcţiona pînă la 50 de ceasuri secundare. Alimentarea este asigurată de la o baterie de acumulatoare cu tensiuni de 12, 24 sau 60 V. Alegerea tensiunii se face

în funcție de numărul de ceasornice secundare și de lungimea circuitelor. Căderea de tensiune admisă este pînă la 20% din valoarea tensiunii normale de funcționare. Ceasornicele secundare absorb un curent de 0,5 A la o tensiune de 12 V. Pot fi folosite și surse de curent alternativ, cu transformatoare coborîtoare de tensiune.

Legarea ceasornicelor se face în derivație pe circuitele de comandă, iar rețeaua de distribuție poate fi radială sau ramificată. Conductoarele folosite la circuitele principale sînt de 2,5 sau 4 mm^2. La circuitele secundare sînt folosite conductoare de 1 sau 1,5 mm^2, din cupru, tip F 500.

Schema cu legăturile electrice ale unei instalații cu două ceasornice principale este reprezentată în figura 7.6. Ceasornicele secundare C_i sînt de formă rotundă sau pătrată, iar cadranele pot fi opace sau transparente, cu fața simplă sau dublă și iluminate pentru a permite citirea orei pe întuneric. Montarea ceasornicelor poate fi făcută pe perete sau în consolă, în așa fel încît să poată fi văzute din mai multe direcții. În întreprinderile mari se folosesc și ceasornice pentru pontajul salariaților, marcînd pe o fișă, ora sosirii și ora plecării.

Instalațiile de ceasornice mai pot fi completate, dacă este necesar, cu dispozitive de semnalizare optică și acustică S_a (fig. 7.6), pentru a comunica timpul la diferite intervale sau pentru a urmări procesul tehnologic, semnalizînd începerea sau terminarea unor operații, sau punerea în funcțiune a unor mașini, printr-un buton B.

Instalațiile care au ceasornice principale necesită o îngrijire specială fiind și mai costisitoare. Mai economice și cu o precizie mai mică sînt ceasornicele sincrone. Acestea însă au o funcționare independentă și marcarea timpului depinde de variațiile frecvenței din rețeaua electrică de alimentare. În tehnica modernă sînt folosite mecanisme de reglare a frecvenței și de corectare a funcționării ceasornicelor sincrone, pentru a indica permanent ora exactă. Aceste mecanisme scumpesc însă instalația.

F. INSTALAȚII DE AVERTIZARE A INCENDIILOR

În clădirile care prezintă pericol de incendii și în întreprinderile industriale cu suprafețe ce depășesc 25 000 m^2 este obligatoriu a se prevedea instalații de avertizarea incendiilor. Normativul de prevenire a incendiilor NPCI 1964 trebuie respectat și aplicat de toți factorii care concură la proiectarea și execuția unei clădiri, în care sînt necesare instalații de avertizare a incendiilor. Acest gen de instalații este alcătuit dintr-o centrală de avertizare, o rețea electrică cu unul sau mai multe circuite și aparate de avertizare și alarmă. Instalarea acestor centrale se face într-o cameră specială de pază, a pompierilor din întreprindere. În această cameră se montează un panou de semnalizare, aparate de alarmă, sonerii, claxoane și aparate de măsură și control ale rețelei electrice.

Aparatele de avertizare trebuie instalate în încăperile în care este posibilă declanșarea unui incendiu, precum și în locurile unde se poate da alarma în cazul cînd apare un incendiu. Legarea avertizoarelor se face în serie, pînă la 50 avertizoare într-o buclă, centralele putînd avea 5—30 bucle. Alimentarea centralei se realizează printr-o baterie de acumulatoare de 24 V, încărcată printr-un redresor. Avertizoarele pot fi comandate manual sau automat.

Acționarea avertizoarelor manuale se face prin apăsarea unui buton legat în paralel cu o rezistență electrică. Rețeaua electrică pentru avertizoare poate fi executată și în sistemul radial. Sistemul radial este folosit pentru centralele de avertizare cu un număr de 16—100 circuite ; pe fiecare circuit se pot instala maximum trei avertizoare. Sistemul de rețele buclate este folosit la centralele cu 5—30 bucle iar fiecare buclă poate deservi maximum 30 de avertizoare.

Schema din figura 7.7 reprezintă o instalație de avertizare a incendiului cu comandă manuală și cu două aparate de avertizare. Comanda se poate face de la butoanele T_1 și T_2, care sînt instalate în cutii cu geam. Butoanele funcționează prin apăsare, avînd forma unor chei de contact, care în poziție normală scurtcircuitează rezistențele R_1 și R_2 de cîte 1 000 ohmi.

La punerea în funcțiune a instalației (manual) făcută prin spargerea geamului, cînd se apasă pe buton se întrerupe scurtcircuitarea rezistențelor ; în acest fel acestea sînt introduse în circuit făcînd ca rezistența totală a buclei să crească iar curentul de circulație dintr-o buclă să scadă. Această variație a curentului este semnalată în centrală pe panoul de avertizare, cu ajutorul unei lămpi de semnalizare (nedesenată) și cu ajutorul unei sonerii.

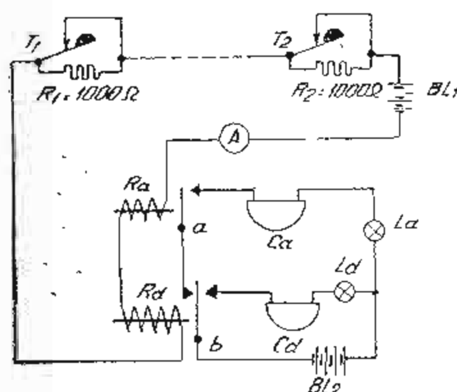


Fig. 7.7. Schema de principiu a unei instalații de avertizare a incendiului.

Sursa de energie este asigurată de o baterie BL_1 de 12 sau 24 V, care poate debita un curent de 40—50 mA. Pe circuit mai este prevăzut și un ampermetru de control A, care indică valoarea curentului.

O altă sursă, tot baterie BL_2, alimentează într-un circuit local un clopot pentru alarmă C_a, acționat de releul R_a, și un clopot de defect C_d, acționat de releul R_d.

Cînd unul dintre butoanele T_1 sau T_2 sînt acționate, o dată cu micșorarea curentului de repaus se micșorează și forța de atracție a releului R_a, care provoacă căderea armăturii *a* (extremitatea superioară se deplasează spre dreapta) și închide circuitul secundar care face ca să sune clopotul C_a și să aprindă în același timp și lampa de avertizare L_a. În cazul în care în instalație apare un defect de izolație, cu o pierdere mică de curent, care modifică valoarea curentului de repaus, reducîndu-i cu puțin valoarea normală, intră în funcțiune releul mai sensibil R_d, care provoacă căderea armăturii *b* (extremitatea superioară se deplasează spre dreapta) și pune în funcțiune clopotul C_d, care sună și aprinde o altă lampă L_d, semnalizînd defectul.

În orașele mari se pot executa instalații mai complexe, care pot anunța incendiile din diferite cartiere ale orașului, prin aparate de avertizare montate în cabine metalice pe străzi, pe pereții imobilelor, pe stîlpi, de unde se poate anunța incendiul. Se fabrică avertizoare automate de temperatură și avertizoare indicatoare de fum.

Avertizorul de temperatură, intrînd în funcțiune în momentul atingerii unei temperaturi limită, deschide un contact normal-închis al unui releu termic și introduce pe circuitul de avertizare o rezistență suplimentară. În acest fel intensitatea curentului de circulație din banda de avertizare respectivă variază, punînd în funcțiune clopotul de alarmă. Tot în acest scop, se folosesc și avertizoare de temperatură cu acțiunea diferențială, care intră în funcție numai cînd temperatura se schimbă brusc. Acestea însă nu pot acționa la o modificare lentă a temperaturii mediului înconjurător. Reglarea avertizoarelor de temperatură se face pentru a acționa între 40 și 90°C. Montarea avertizoarelor se face în interiorul clădirilor, pe traseul de circulație a aerului cald din încăperi, cît mai aproape de uși și ferestre, în locurile unde pericolul de incendiu este mai mare. Pentru fiecare 20 m^2 de suprafață protejată se instalează cîte un avertizor, sau cel puțin cîte două în fiecare încăpere. Stabilirea locului de unde s-a semnalat incendiul se face cu ajutorul unui dispozitiv de ceasornicărie alcătuit dintr-un disc cu crestături și arc, montat alături de releul termic al avertizorului. În momentul acționării releului, discul se rotește și produce un anumit număr de impulsuri, care se înregistrează la centrala de avertizare. Fiecare disc este prevăzut cu un alt număr de impulsuri, care precizează locul unde s-a declanșat incendiul.

În întreprinderile mai importante centralele de avertizare sînt completate cu aparatură înregistratoare cu bandă de hîrtie rulantă, pe care se imprimă impulsurile și se înregistrează ora la care s-a dat alarma (fig. 7.8).

Avertizoarele automate de fum intră în funcțiune în momentul cînd apare fumul produs de un început de incendiu. Montarea lor se face în încăperile în care se păstrează valori în documente și obiecte. Instalarea aparatelor se face în încăperi, montîndu-se pentru fiecare 20 m² cîte

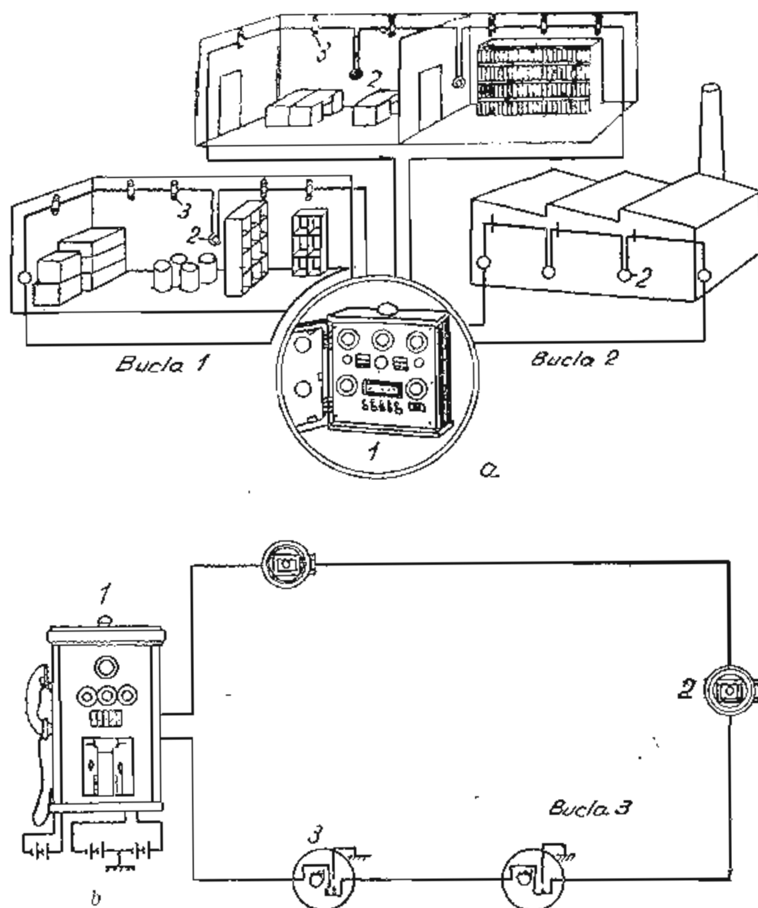


Fig. 7.8. Centrala de avertizare:
a — vedere generală; *b* — schema electrică:
1 — centrala de avertizare; 2 — buton de avertizare normală; 3 — contact de avertizare automată.

un aparat legat în derivație pe circuitele de semnalizare ale instalației. Un circuit de semnalizare poate deservi maximum 20 de avertizoare de fum. Alimentarea centralelor de avertizare se face în curent continuu de 220 V.

G. INSTALAŢII DE TELEFOANE

Transmiterea pe cale electrică la distanță a vorbirii se realizează cu ajutorul instalațiilor de telefoane (fig. 7.9), alcătuite dintr-o centrală și o serie de receptoare, dispozitive de apel etc., necesare unei convorbiri telefonice.

Legăturile telefonice în instalațiile moderne se obțin prin centrale telefonice, a căror capacitate depinde de numărul de convorbiri și de felul deservirii. Din acest punct de vedere, centralele telefonice sînt de două categorii : cu deservire manuală și cu deservire automată.

La executarea instalațiilor interioare de telefoane trebuie respectate normele și normativele în vigoare. Instalația se realizează în tuburi de protecție îngropate sau pe tencuială, în aceleași condiții ca și instalațiile electrice interioare. Se folosesc în acest scop tuburile IP în încăperi cu orice destinație, cu excepția celor cu umiditate excesivă sau cu emanații de gaze, unde trebuie folosite tuburile etanșe de tip IPE. În încăperile în care umezeala este permanentă trebuie folosite cablurile cu manta de plumb tip CP, iar în medii cu acizi și cu acțiune corosivă asupra plumbului, se va folosi cablu cu manta de plumb și înveliș protector tip CPI.

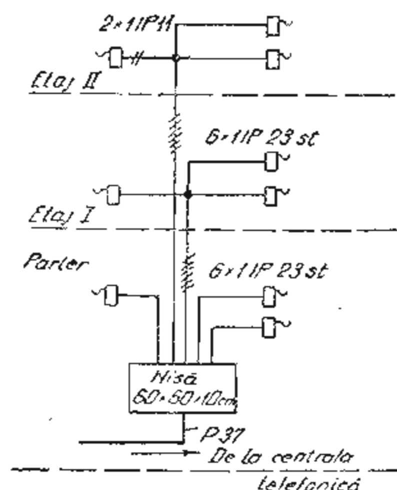


Fig. 7.9. Instalație de telefoane : schemă de distribuție.

Conductoarele folosite în instalațiile telefonice sînt de obicei din cupru, cu izolație de cauciuc tip F 500, cu secțiunea de 1 mm², sau conductoare din oțel tip Fu 250, cu secțiunea de 0,75 mm². În încăperile uscate se mai pot folosi și conductoare izolate cu policlorură de vinil, cu diametrul de 1,2 mm. Numărul de conductoare necesare unei instalații de telefoane determină diametrul tubului protector, știut fiind că pentru fiecare post de telefon sînt necesare cel puțin două conductoare.

Posturile de telefon se leagă în derivație pe circuitele instalației ; distribuția interioară dintr-o clădire este formată dintr-o coloană principală și mai multe circuite secundare, care sînt adunate pentru a fi legate la rețeaua publică sau la rețeaua locală de telefon.

Toate circuitele telefonice sînt concentrate într-o nișă de racord, care se montează îngropată în zid cu latura superioară la 1,60 m de la pardoseala finită. Nișa are dimensiunile de 600×600×150 mm și trebuie instalată în locuri ușor accesibile (de obicei pe coridoare comune sau

pe casa scărilor). În cazul clădirilor cu mai multe nivele, nișele de racord se montează pe aceeași verticală și se leagă între ele cu un tub de tip P cu diametru de 37 mm. Intrările conductoarelor în nișe se fac pe la partea inferioară iar ieșirile pe la partea superioară. În interiorul nișei, pe o placă de lemn uscat și vopsit, se montează rigleta, la care sînt legate plecările circuitelor. La posturile telefonice legate direct la rețeaua orașului, sînt necesare două conductoare, iar pentru circuitele posturilor de telefoane secundare legate la centrala de interior sînt necesare trei conductoare, un conductor fiind comun pentru toate posturile de telefoane.

H. INSTALAȚII DE DISPECER

Instalațiile de dispecer sînt folosite în întreprinderi pentru comunicări operative cerute de procesul de producție. În acest scop se folosesc instalații speciale telefonice numite „de dispecer“ Cu ajutorul acestei instalații se face coordonarea producției, verificarea efectivelor de muncitori și tehnicieni, controlul stării utilajelor etc. Instalația de dispecer se compune dintr-o centrală cu două aparate operatoare, un microfon, un amplificator și un distribuitor, alimentarea fiind asigurată de o baterie de acumulatoare sau prin redresoare. Aparatele pentru comunicări telefonice sînt de tipul BC, iar rețeaua de dispecer este comună cu rețeaua telefonică. O centrală de dispecer are o capacitate de 20 și 60 linii.

I. INSTALAȚII DE RADIOFICARE

Instalațiile de radioficare servesc la transmiterea printr-o rețea de radioficare a programelor stațiilor de radiodifuziune, a diverselor comunicări în interiorul sau în exteriorul clădirilor (fig. 7.10).

Programele sînt transmise cu ajutorul unui ansamblu de aparate difuzoare și amplificatoare, iar pentru transmiterea diverselor comunicări, sonorizate prin amplificare, sînt folosite difuzoare de puteri mari și stații de radioamplificare. Instalațiile de radioficare și radioamplificare sînt executate, ca mărime, în funcție de numărul de difuzoare instalate și de puterea lor. De asemenea se ia în considerație destinația și volumul încăperilor sau spațiilor libere ce trebuie radioficate.

Difuzoarele folosite pentru radioficarea încăperilor închise sînt de 0,25 W; se repartizează la fiecare 250 m^2 cîte un difuzor. Pentru instalațiile cu un număr de peste 20 difuzoare este necesară montarea unui transformator de radioficare la intrarea branșamentului de radioficare în clădire iar pentru instalațiile care depășesc 100 de difuzoare sînt necesare două branșamente de radioficare, fiecare cu nișe și transformator de intrare. Instalațiile de radioficare racordate la rețeaua unei

întreprinderi sau la rețeaua publică trebuie să respecte prescripțiile STAS 4690-50 cu privire la branșamentele de radioficare.

Executarea instalațiilor interioare se face în mod similar cu cele de telefon, iar distanțele între tuburile circuitelor de radioficare și cele de curenți tari trebuie să fie de 20 cm.

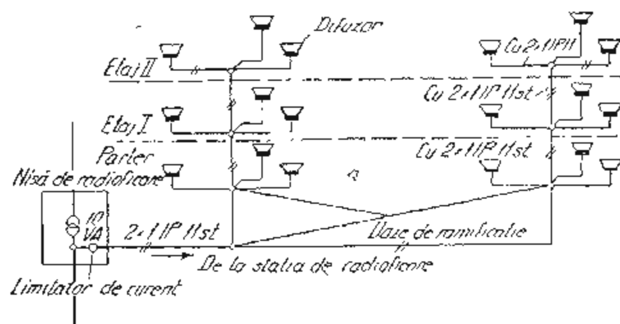


Fig. 7.10. Schema unei instalații de radioficare.

Tensiunea de alimentare a unei instalații de radioficare se face cu curent alternativ monofazat de 110 V sau 220 V, cu variații maxime de ± 10% și la frecvența de 50 Hz, cu variații ce nu trebuie să depășească ± 2%.

Instalațiile de radioficare sau de radioamplificare au un echipament alcătuit dintr-o antenă de recepție și o priză de pămînt. Antenele sînt montate pe suporți metalici pe acoperișul clădirii ; distanța dintre suporți trebuie să fie de cel puțin 15 m, iar înălțimea de cel puțin 3 m deasupra acoperișului. Prizele de pămînt trebuie executate la fel ca pentru centralele telefonice, din țevi de oțel zincat și din benzi galvanizate, conform STAS 3951-53, iar cablul microfonului trebuie să fie ecranat și legat la pămînt.

K. INSTALAȚII DE TELEVIZIUNE

Instalațiile de televiziune servesc la recepționarea programelor de televiziune, programe ce sînt captate cu ajutorul antenelor colective, montate pe terasele blocurilor.

Executarea instalațiilor se face conform proiectelor primite, folosind tuburi IP sau IPY (PCV) montate sub tencuială. O dată cu montarea tuburilor se introduce pe tuburi sîrmă de oțel galvanizată pentru tragerea cablului coaxial. Înălțimea de montare a prizei pentru televizor trebuie să fie la fel ca și a prizei electrice, la 0,30 m de la pardoseala finită.

Antena colectivă (fig. 7.11) poate fi folosită în afară de televizor și pentru radio. Montarea antenei se face la partea cea mai înaltă a clă-

dirilor, orientată către postul care emite programele. La montaj trebuie să se țină seama de toate detaliile din proiecte.

Materialele mai importante din care se compune o instalație de televiziune sînt : antena colectivă de radio și televiziune, ansamblul alternator pentru antena colectivă de radio și televiziune, grup amplificator pentru antena colectivă de radio și televiziune, compusă din amplificator radio și amplificator televizor, bloc alimentar, cutie metalică de 430×380×105 mm, protector de pol (parafulger), cablu coaxial pentru introdus pe tub, prize pentru antenă de radio și televizor normală, priză terminală, manșon din țeavă de oțel galvanizată de 2" pentru prinderea suportului de antenă, fixat pe console, cu trecere prin învelitoare etc.

Fiecare antenă colectivă trebuie să fie legată la priza de pămînt a blocului. În acest scop se poate lega suportul de antenă la oțelul beton al construcției, care la subsol se leagă la priza de pămînt sau se poate coborî cu conductoare de protecție de la antenă, protector parafulger și amplificator, pînă la nișa de protecție, legată la pămînt.

Grupul de amplificatoare se montează într-o nișă, amplasată sub placa terasei, care face legătura cu antena prin intermediul suportului de antenă. Conductoarele de la apartamentele care sînt la o distanță mai mare față de antenă, sînt protejate în tuburi IPE, montate pe placa terasei (fig. 7.12, *a*, *b*).

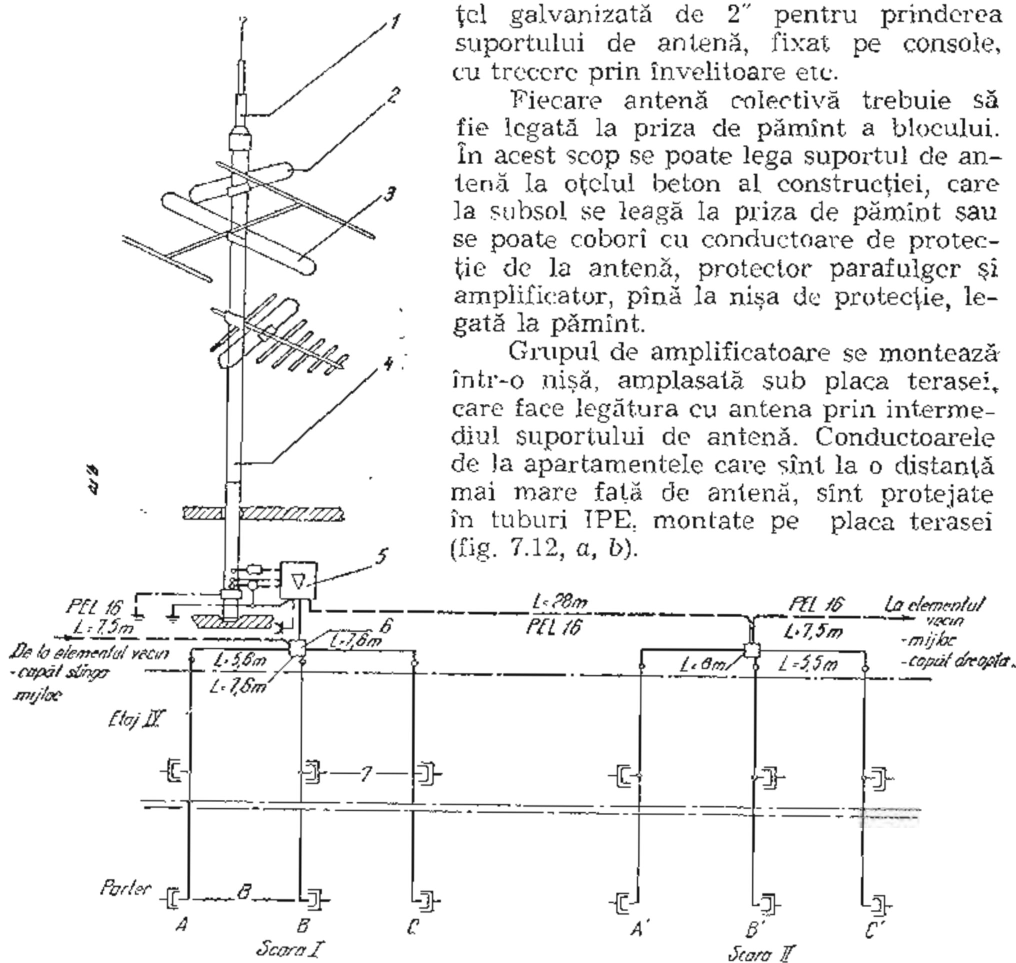


Fig. 7.11. Schema instalației de antenă colectivă :
1 — paratrăsnet ; 2 și 3 — antene ; 4 — tija antenei ; 5 — nișă de amplificare ; 6 — cutie de distribuție ; 7 și 8 — prize.

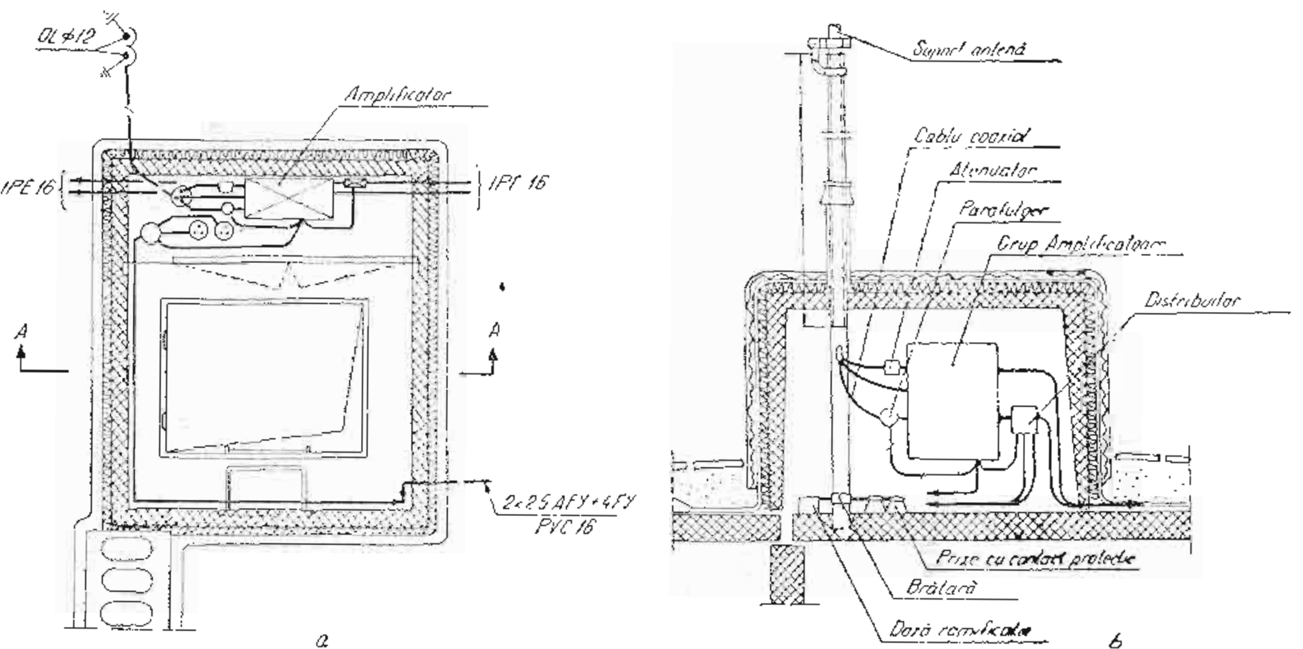


Fig. 7.12. Nișe grup amplificatoare ;
a — plan ; b — secțiune verticală.

Capitolul 8

REȚELE ELECTRICE EXTERIOARE DE JOASĂ TENSIUNE

A. GENERALITĂȚI

În cadrul sistemului energetic, liniile electrice reprezintă legătura între centralele electrice producătoare de energie electrică și consumatori.

După felul în care aceste linii se instalează pot exista două mari categorii : linii electrice aeriene si linii electrice subterane în cabluri.

Cea mai mare parte a liniilor electrice, fie ele aeriene sau subterane, se construiesc pentru a fi folosite în curent alternativ trifazat, pentru avantajele pe care le prezintă acest fel de curent, legate de posibilitatea sa de transportare și transformare cu pierderi mici.

Datorită faptului că în ultimul timp s-au executat mașini și dispozitive care fac posibil acest lucru și la curentul continuu, crește interesul pentru liniile electrice folosite și la acest tip de curent.

După numărul de conductoare, liniile electrice pot fi : cu două conductoare, cum sînt cele de curent continuu sau de curent alternativ monofazat (iluminat sau receptoare de forță), linii cu trei conductoare, ca cele de curent alternativ bifazat, sau cele folosite în rețele de transport ori în anumite scheme de distribuție de joasă tensiune și linii cu patru conductoare, folosite în curent alternativ trifazat, pentru rețele de distribuție de joasă tensiune. Acestea din urmă, datorită avantajului de a putea alimenta atît consumatori trifazați, cît și consumatori monofazați de lumină și forță, au cea mai largă răspîndire.

După configurația rețelelor, liniile electrice sînt de două mari categorii : rețele deschise, ramificate sau radiale și rețele închise sau buclate.

Rețelele deschise, radiale sau ramificate, au o largă răspîndire. Sînt folosite la alimentarea consumatorilor mai puțin importanți, a căror continuitate în alimentare nu reprezintă o obligație pentru întreprinderea furnizoare de energie electrică.

Rețelele închise sau buclate, se folosesc însă, acolo unde este necesar a se asigura o alimentare sigură și continuă a unor consumatori de mare importanță.

După criteriile arătate mai înainte, liniile electrice exterioare sînt alcătuite după diferite scheme de bază, care le conferă condițiile de calitate necesare.

În figura 8.1 este arătată o schemă radială a unei rețele exterioare. În această schemă, consumatorii — motoarele electrice *M* — sînt alimentate dintr-un tablou de joasă tensiune, prin linii individuale. Avantajul

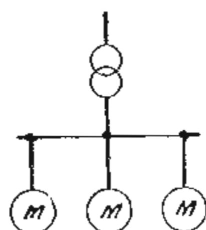


Fig. 8.1. Schemă radială cu linii separate : *M* — motor.

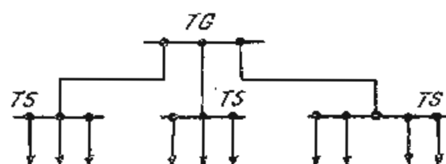


Fig. 8.2. Schema radială cu tablouri de distribuție secundare : *TS* — tablouri secundare ; *TG* — tablou general.

unei asemenea scheme constă în aceea că la apariția unui defect la unul din motoare, celelalte două vor continua să funcționeze, necondiționate de motorul ce s-a defectat.

Dezavantajul principal constă în prețul de cost, ceva mai ridicat, datorită cantității mai mari de conductoare, tuburi etc., necesare în alimentarea prin linii individuale.

În figura 8.2 este arătată o schemă radială cu tablouri de distribuție secundare *TS* alimentate radial dintr-un tablou general *TG*. Schema aceasta prezintă avantaje față de prima soluție, costul investiției fiind mai mic, deoarece pe liniile de alimentare ale tablourilor secundare, din care se distribuie curent unui număr oarecare de receptoare, racordate la același tablou secundar, se poate lua un coeficient de cerere mai mic, rezultînd o secțiune mai mică de conductor. Această schemă se folosește atunci cînd distribuția receptoarelor este concentrată în jurul unor puncte, centre de greutate de consum. În acest caz se recomandă a se lega la același tablou secundar receptoarele legate într-un același proces tehnologic.

În figura 8.3 este arătată o schemă ramificată cu linii principale *LP*. alimentate dintr-un tablou general *TG*. În această schemă din liniile principale *LP* sînt alimentate direct diferitele receptoare, legate în de-

rivație. Schema are avantajul că poate crea posibilitatea folosirii unui coeficient de cerere mai redus, cu consecințe imediate asupra prețului de cost.

Spre deosebire de schema arătată în figura 8.3, schema din figura 8.4 este prevăzută cu linii principale *LP*, și alimentare în cascadă a mai multor tablouri *T*. Această schemă face trecerea de la schema ra-

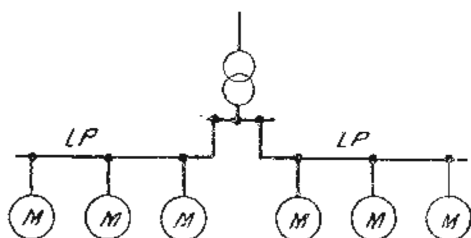


Fig. 8.3. Schemă cu linii principale: *TG* — tablou general; *LP* — linii principale; *M* — motor.

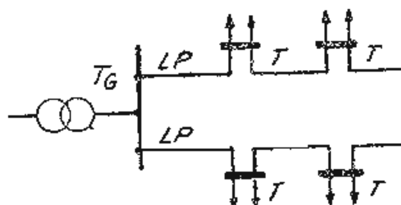


Fig. 8.4. Schemă cu linii principale *LP* și alimentare în cascadă: *TG* — tablou general; *T* — tablou.

dială la o schemă buclată, închisă, deoarece prin adăugarea unei legături suplimentare între ultimele tablouri, se ajunge la o schemă buclată, cum e cea arătată în figura 8.5.

Schema rețelei închise, arătată în figura 8.5, asigură fiecărui tablou *T*, o alimentare dublă din două direcții. Prin aceasta se realizează condiții mai sigure pentru funcționarea continuă a consumatorilor racordați la tablourile *T*.

Consumatorii mai importanți, cărora trebuie să li se ofere o alimentare sigură și permanentă, folosesc scheme mai complicate, cum este cea arătată în figura 8.6. Această schemă buclată oferă posibilitatea ali-

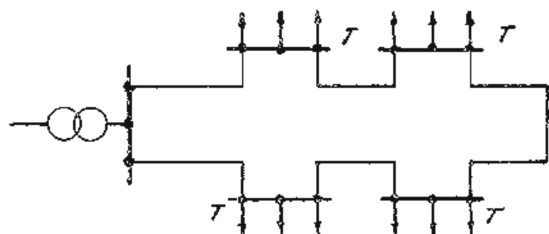


Fig. 8.5. Schemă buclată, alimentată de la o sursă.

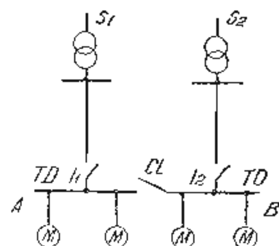


Fig. 8.6. Schema de alimentare de la două surse: S_1 și S_2 — surse; *TD* — tablou de distribuție; I_1 și I_2 — întrerupător de intrare; *CL* — cuplă longitudinală.

mentării de la două surse S_1 și S_2 aceste surse putînd fi, două centrale electrice separate, sau două stații diferite avînd fiecare transformatoare proprii.

Schema cuprinde doi fideri de alimentare, care pot asigura fiecare în parte alimentarea tabloului de distribuție *TD*. Fiecare din acești fideri este prevăzut cu un întrerupător automat cu relee, cu ajutorul cărora se poate separa fiderul respectiv în caz de avarie.

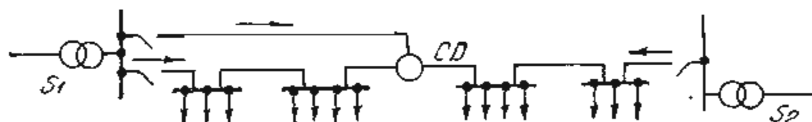


Fig. 8.7. Schema unei linii principale alimentată pe la două capete: S_1 și S_2 — surse; *CD* — cutie de distribuție.

Tabloul de distribuție este la rîndul lui prevăzut cu un întrerupător cuplă longitudinală *CL*, care poate separa în două secțiuni sistemul de bare propriu.

Avantajele unei asemenea scheme rezultă din posibilitatea asigurării unei alimentări continue, și din localizarea și limitarea unei avarii și a micșorării numărului de consumatori afectați de avarie. Astfel, dacă defectul apare pe ramura *A* sau *B* a tabloului, rămîn nealimentați numai consumatorii racordați la ramura avariată, ceilalți putînd funcționa mai departe, protejați prin întrerupătorul cuplă longitudinală, prevăzut cu relee de protecție.

Schemele buclate, închise (fig. 8.7), prezintă o siguranță mai mare în funcționare și o sensibilitate mai mică față de mutarea sau schimbarea consumatorilor, în schimb sînt mai puțin clare, defectele ce se ivesc în aceste scheme se depistează mai greu și sînt mai dificil de protejat contra avariilor.

B. REȚELE AERIENE DE JOASĂ TENSIUNE

1. Elementele componente ale rețelelor de joasă tensiune

Rețelele electrice de lumină și forță au un caracter mixt și sînt executate cu scopul de a alimenta consumatorii de forță și lumină, cu energia electrică necesară.

În general, se execută linii electrice trifazate cu conductor neutru. Rețelele monofazate se folosesc numai pentru iluminatul exterior, pentru derivații din liniile principale trifazate și pentru racorduri scurte la consumatori monofazați cu o putere instalată mică.

Rețelele de joasă tensiune urmăresc în general traseele căilor de comunicații ; stîlpii se montează de-a lungul străzilor, fiind uneori folosiți și pentru alte rețele, ca radioficare, telecomunicații etc.

Conform normativelor, pe stîlpii cu utilizare comună se pot monta rețele electrice cu o tensiune între fază și pămînt pînă la 250 V inclusiv, linii de telecomunicație urbană, linii de alimentare pentru radioficare cu tensiuni pînă la 36 V inclusiv și linii de tracțiune electrică, cu tensiunea pînă la 1 000 V.

Ordinea de montare a rețelelor electrice pe stîlpii de utilizare comună trebuie să țină seama de o exploatare sigură și o intervenție ușoară în caz de nevoie. În acest scop, conductoarele rețelelor de telecomunicații se montează sub cele ale liniilor de energie electrică, iar liniile de tracțiune electrică (tramvaie sau troleibuze) sub liniile de telecomunicații, pentru a se putea asigura contactul cu dispozitivele de captare ale curentului.

În punctele de fixare pe stîlpi, distanța între conductoarele liniei de energie electrică și cele ale liniilor de telecomunicații trebuie să fie de cel puțin 1,2 m, iar săgețile conductoarelor, la temperaturi de 15°C fără vînt, nu trebuie să depășească 1 m.

Pe stîlpii pe care sînt montate rețelele rurale de înaltă tensiune pînă la 15 kV, se pot monta și rețelele de joasă tensiune, cu condiția ca linia de înaltă tensiune să fie montată deasupra celei de joasă tensiune iar distanța pe verticală între conductorul inferior al rețelei de înaltă tensiune și conductorul superior al rețelei de joasă tensiune să fie de cel puțin 1,3 m. Pentru securitatea oamenilor și pentru protecția rețelei de joasă tensiune trebuie luate măsuri speciale de protecție.

2. Alegerea materialelor

Conductoarele folosite în rețelele exterioare de joasă tensiune sînt cele din cupru, din aluminiu, funie din oțel, din oțel și aluminiu, din cupru cu izolație din cauciuc sau material plastic, rezistent la intemperii, din aluminiu cu izolație din cauciuc sau material plastic, rezistentă la intemperii.

Conductoarele din cupru se utilizează în medii corosive, în cazurile în care stabilitatea cuprului este superioară celor ale aluminiului sau oțelului.

Conductele cu izolație rezistentă la intemperii, se utilizează în atmosferă corosivă sau pe traseele în care, în cazuri excepționale, nu se pot respecta distanțele prescrise pentru conductele neizolate.

Conductoarele din cupru sînt superioare față de conductoarele din aluminiu atît din punct de vedere electric cît și mecanic, însă cuprul fiind un metal deficitar, este în cele mai multe cazuri înlocuit cu aluminiu. Folosirea conductoarelor din cupru este însă obligatorie în zonele supuse emanațiilor acide ale uzinelor chimice și în zone marine.

Rezistența la întindere a conductoarelor din aluminiu poate să scadă datorită vibrațiilor ce se produc pe liniile electrice, sub acțiunea vîntului. Pentru a se evita ruperea conductoarelor, care se produce de obicei la clemele de susținere, este indicat a se folosi cleme speciale și conductoare de aldrey (aliaj de aluminiu cu magneziu, siliciu și fier), care au o rezistență la rupere de două ori mai mare.

În locul conductoarelor din cupru sau aluminiu pot fi folosite conductoarele din oțel, care au însă o conductivitate de șapte ori mai mică decît a cuprului, ceea ce conduce la utilizarea unor secțiuni mari. Conductoarele din oțel trebuie protejate împotriva coroziunii prin zincare la cald.

Conductoarele din oțel rezistă foarte bine la variațiile mari de temperatură astfel încît chiar la temperatura de $+100°C$ ele își păstrează rezistența mecanică.

Stîlpii folosiți la liniile aeriene servesc la susținerea conductoarelor, și a izolatoarelor montate pe suporți sau pe console. Alegerea stîlpilor se face în funcție de importanța liniei electrice, de secțiunea conductoarelor, de distanța dintre stîlpi și după locul de plantare.

Pentru a mări durata de serviciu a stîlpilor din lemn și pentru a încetini procesul lor de putrezire, stîlpii de brad se impregnează. Pentru operația de impregnare se folosesc soluții antiseptice uleioase ; ulei de antracen (carbolineum), ulei de creozot sau un amestec de creozot cu păcură. Se mai folosesc bitum petrolier, săruri chimice, clorură de zinc în amestec cu fluorură de zinc și fenol etc. Impregnarea se face prin cufundarea stîlpilor în băi umplute cu soluția respectivă, sau sub presiune, în vase închise în care s-a făcut mai întîi vid. Stîlpii de brad impregnați cu creozot au o durată de serviciu de circa 30 ani.

Stîlpii de stejar se pot folosi și neimpregnați numai arși sau cătrăniți la partea inferioară care se îngroapă în pămînt.

Tipurile de stîlpi din lemn sînt stabilite după felul construcției prin STAS 257—57 :

— stîlp simplu format dintr-o singură bucată (simbol SLS, fig. 8.8) ;

— stîlpul dublu este format din doi stîlpi simpli legați în lung prin buloane și pene (fig. 8.9) ;

— stîlpul cu proptea se formează dintr-un stîlp vertical și unul înclinat (simbol SLAP) și se confecționează două tipuri : cu proptea la

vîrf (simbol $SLAP_1$) și cu proptea fixată sub nivelul izolatoarelor la 20 cm (simbol $SLAP_2$) ; stîlpii cu proptea sînt folosiți ca stîlpi de capăt sau de colț iar pentru a împiedica smulgerea lor din pămînt proptelele sînt îngropate la partea inferioară (fig. 8.10) ;

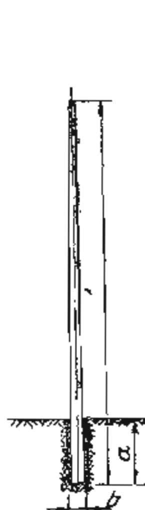


Fig. 8.8. Stîlp simplu de susținere din lemn, tip *SLS* :
L = 7...11 m ;
a = 1,5...1,7 m ;
b = 0,6...0,7 m.

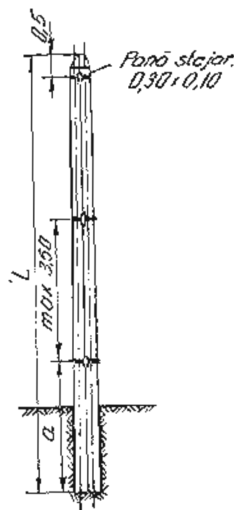


Fig. 8.9 Stîlp dublu, din lemn de rășinoase :
L = 8...12 m ;
a = 1,8 m.

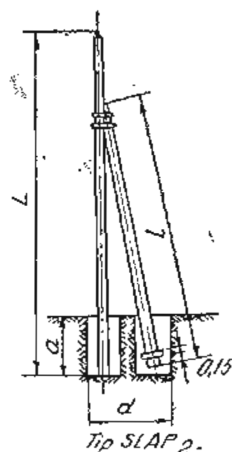


Fig. 8.10. Stîlpi cu proptea pînă la 1 kV, tip $SLAP_1$ și $SLAP_2$
L = 8...10 m ;
l = 7...9 m ;
a = 1,5...1,7 m ;
d = 3...3,4 m.

— stîlpul cu ancoră este format dintr-un stîlp vertical și o ancoră din sîrmă din oțel zincat, întinsă între partea superioară a stîlpului și o traversă din lemn fixată în pămînt la o adîncime de circa 1,20—1,50 m (fig. 8.11).

Acești stîlpi sînt instalați la capete sau la schimbările de direcție ale unei linii, pentru ca aceasta să reziste la diferitele eforturi ale conductoarelor.

Stîlpul A confecționat din doi stîlpi, legați printr-o traversă, se execută în două variante : cu stîlp de întindere, tip SLAI, cu un picior vertical și unul înclinat și ca stîlp de colț sau de capăt, tip SLAC, cu cele două picioare sub aceeași înclinare față de verticală (fig. 8.12). Ambele tipuri se execută în două variante : cu chituci îngropați $SLAI_1$ și $SLAC_1$, sau cu traversă îngropată $SLAI_2$ și $SLAC_2$ (fig. 8.12).

În STAS 257—57 sînt stabilite dimensiunile stîlpilor din lemn. Înălțimea lor variază de la 5 m la 14 m , iar diametrul de vîrf de la 12 cm

la 18 cm, după esență și categorii. Folosirea stîlpilor din lemn este recomandată la rețelele electrice urbane și rurale de joasă tensiune și la liniile de telecomunicații cu deschideri pînă la 60 m.

Plantarea stîlpilor în terenuri sănătoase se face prin simplă îngropare și baterea pămîntului în jurul său iar în terenurile slabe, ținîndu-se seama de poziția și destinația stîlpului de pe traseul liniei, acesta se consolidează prin buraje de piatră, adaosuri de lemn, beton sau metal. La plantarea în terenurile moi sau inundabile, consolidarea se face cu picioare de lemn, traverse de oțel sau cu clești din beton armat (fig. 8.13).

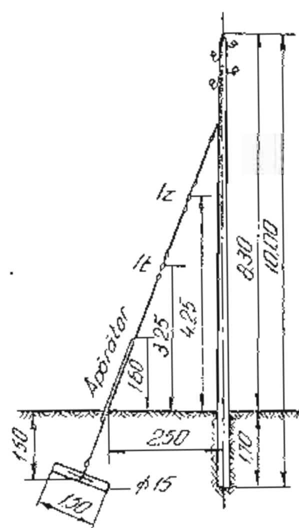


Fig. 8.11. Stîlp cu ancoră din sîrmă de oțel zincat: I_z — izolator de separare; I_t — întinzătorul ancorei.

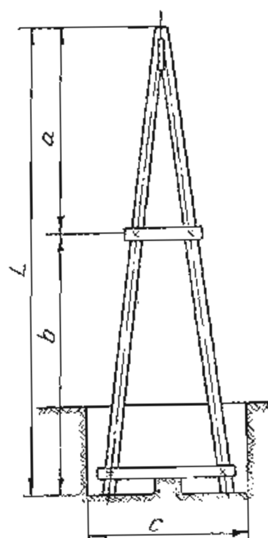


Fig. 8.12. Stîlp *A* de întindere tip *SLAC*: L = 8...12 m; a = 3,5...5,5 m; b = 4,5...6,5 m; c = 2...2,7 m.

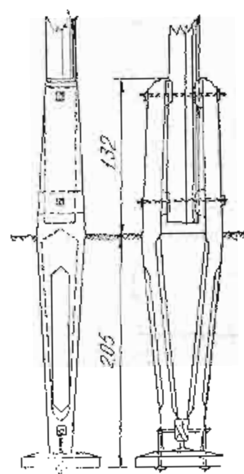


Fig. 8.13. Fundație cu cleşte din beton armat.

Stîlpii din beton se fabrică prin turnarea betonului în cofraje speciale, în care a fost introdusă în prealabil armătura din oțel-beton. Formele sînt așezate pe mese de vibrare sau la un dispozitiv special de centrifugare și sînt vibrați sau centrifugați, obținîndu-se după caz stîlpi vibrați cu secțiuni poligonale, sau stîlpi centrifugați cu secțiune circulară (fig. 8.14, fig. 8.15, fig. 8.16, fig. 8.17).

Transportul și plantarea stîlpilor din beton trebuie să se facă cu mare atenție, pentru a nu se produce crăpături în beton. După darea în exploatare a liniilor electrice, stîlpii din beton nu necesită nici o întreținere.

Stîlpii metalici folosiți la rețelele electrice sînt executați din profile metalice sau din țeavă de diferite diametre. Fixarea lor în pămînt se face în fundații din beton. Protecția contra coroziunii se face prin vopsirea cu ulei de in și cu minium de plumb. Datorită acestor cheltuieli de întreținere precum și a coroziunii stîlpilor la bază — unde are loc

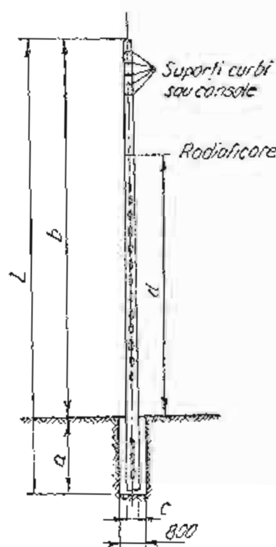


Fig. 8.14. Stîlp de susținere din beton vibrat, pentru 1 kV, tip SVS — 8 ; 10, 11 : a = 1,8 m ; b = 6,2...9,2 m ; c = 0,275...0,32 m ; d = 5,5 m



Fig. 8.15. Stîlp de susținere din beton centrifugat, tip SCS 1001.

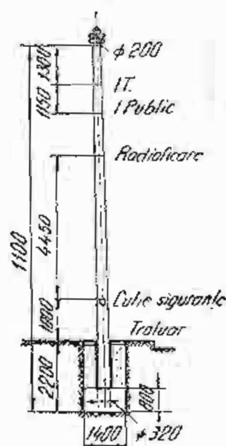


Fig. 8.16. Stîlp de utilizare comună tip *SCH* 11.

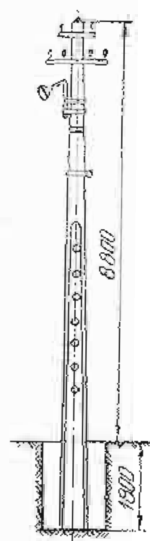


Fig. 8.17. Stîlp din beton profilat pentru utilizare comună

contactul cu solul sau cu fundația — folosirea stîlpilor de metal se face din ce în ce mai puțin, locul lor luîndu-l stîlpii din beton, care s-au dovedit mai practici.

Izolatoare și accesorii. Fixarea conductoarelor pe stîlpi se face prin intermediul izolatoarelor, care au rolul de a izola electric conductoarele față de pămînt. Izolatoarele suportă întreaga sarcină mecanică a liniei datorită acțiunilor conjugate ale greutății conductorului, a acțiunii vîntului și — în timpul iernii — a greutății chiciurii și a zăpezii. În cazul ruperii unui conductor, izolatoarele preiau întreaga sarcină a liniei pînă în punctul de rupere, preluînd efortul de întindere.

Izolatoarele sînt de mai multe tipuri iar la alegerea lor trebuie să se țină seama de eforturile de întindere care intervin în execuția și în timpul exploatării liniilor aeriene.

La rețelele electrice de joasă tensiune se folosesc izolatoare din porțelan.

Liniile aeriene de joasă tensiune pînă la 1 kV, sînt echipate cu izolatoare de susținere și de întindere (tracțiune), conform STAS 665—49 (fig. 8—18).

Izolatoarele de susținere de tip N (fig. 8.18, *a)* sînt folosite pe stîlpi de susținere, unde preiau numai eforturile date de greutatea proprie a conductorului. Acest tip de izolator se fabrică în trei variante : N60, N85 și N95.

Izolatoarele de tracțiune sînt fabricate și ele la rîndul lor în două variante : T pentru tracțiune simplă (fig. 8.18, *b*), pentru un singur conductor și TD pentru tracțiune dublă (fig. 8.18, c), pentru două conductoare ; ambele tipuri se folosesc pe stîlpi de întindere, de colț și de capăt ; aceștia preiau eforturi de întindere.

Izolatoarele speciale de tip Si (fig. 8.18,*d*), echipate cu elemente fuzibile, se folosesc la branșamentele aeriene, cu scopul de a asigura rețeaua publică, în cazul unui defect la abonat, urmat de scurtcircuit. În acest caz, firul fuzibil al acestui izolator, se topește și abonatul nu mai primește energie decît după înlocuirea fuzibilului topit.

Acest fel de izolator, folosit la branșamente aeriene pentru consumatori cu tensiuni pînă la 500 V, se fabrică în trei variante și anume : Si 85 ; Si 115 și Si 140, pentru conductoare de branșament avînd o secțiune de pînă la 50 mm².

Suporturile pentru izolatoare sînt de diferite forme și tipuri, dimensiunile lor variind după cum sînt folosiți la susținere sau la întindere :

— suporturile curbe pentru linii pînă la 1 kV, de tipul Sc, pentru stîlpi din lemn sînt confecționate din oțel rotund. Pentru izolatoarele de tip N se confecționează trei variante de suporturi ; varianta ScN, care se folosește la stîlpii din lemn (fig. 8.19,*a*) și se fixează prin înșurubare, varianta Scz N, care se folosește pentru fixat în zidărie și varianta Scb N, folosită la stîlpii din beton pentru fixat cu piuliță ;

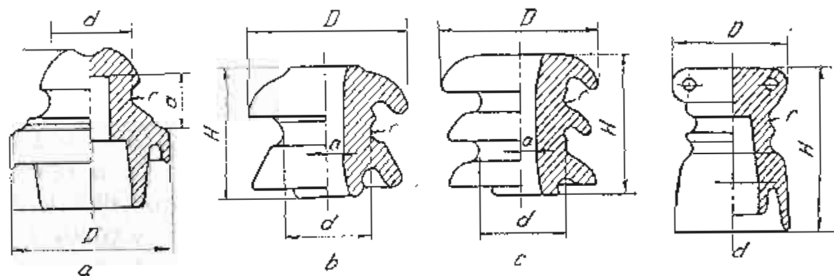


Fig. 8.18. Izolatoare de diferite tipuri ce se folosesc la liniile aeriene de joasă tensiune.

— suporturile drepte tip Sd N, sînt confecționate din oțel și se fixează pe console (fig. 8.19,*b*). Ele se fabrică pentru izolatoare de susținere de joasă tensiune, de tipurile N 60, N 85 și N 95;

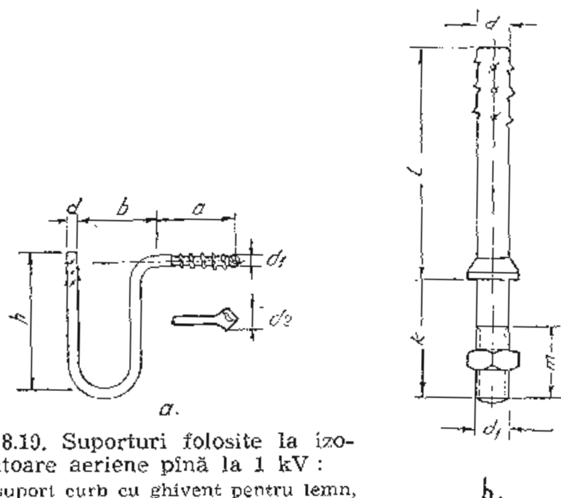


Fig. 8.19. Suporturi folosite la izolatoare aeriene pînă la 1 kV:
a — suport curb cu ghivent pentru lemn, *ScN*; *b* — suport drept, cilindric, cu piuliță. *SdN*.

— suporturile de întindere (de tracțiune) sînt confecționate pentru izolatoarele T_{65}, T_{80} și TD_{115} și se montează pe consolele verticale sau orizontale.

Consolele de întindere și de susținere se execută din profile de oțel de tip U, conform STAS 382-49. Traversele cu izolatoare de susținere se montează orizontal fixîndu-se pe stîlpii din lemn, cu bride din platbande din oțel, care înconjoară stîlpul, iar pe stîlpii metalici prin sudare sau prin șuruburi mecanice cu piulițe și șaibe.

Consolele verticale pentru suporturile de întindere se fixează prin șuruburi cu un diametru de 20 mm, cu piuliță și rondelă.

Figura 8.20 reprezintă traversele din oțel profilat UT_{65}, UT_{85} și UT_{115}, care se folosesc obișnuit pentru liniile trifazate cu patru conductoare, așezate în același plan orizontal.

Ancorele folosite la liniile electrice aeriene pentru stîlpii de colț sau de capăt sînt solicitate la eforturi de întindere transmise de conductoare. Pentru preluarea acestor eforturi, ele sînt plasate, de partea reacțiunii, în planul rezultantei eforturilor. Ancorele pentru stîlpii din lemn se execută în mai multe variante, care depind de natura terenului unde sînt plantați stîlpii. Astfel tipul P se execută pentru terenuri pămîntoase, tipul S se execută pentru terenuri stîncoase iar tipul Z pentru ancorare de ziduri (fig. 8.21). Ancorele sînt confecționate din sîrmă de oțel

zincat cu diametrul de 3 mm, pentru forțe de întindere de 1—2 tf, iar pentru forțe mai mari se folosesc cabluri din șapte fire din oțel zincat. Izolatoarele la ancore sînt în formă de nucă și se construiesc în trei variante, pentru sarcini de 3, 6 și 9 tf.

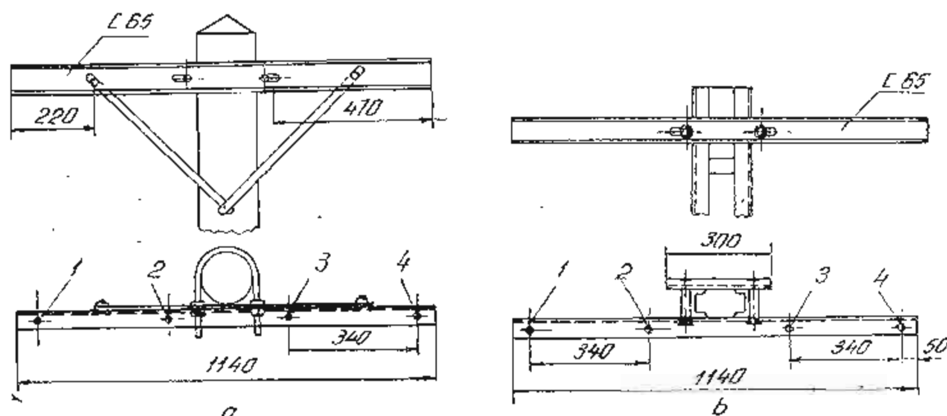


Fig. 8.20. Tipuri de traverse folosite pentru susținerea izolatoarelor : *a* — traversă de oțel UT65 pentru stîlp de lemn ; *b* — traversă UT65 pentru fixare pe stîlpi metalici ; *1, 2, 3, 4* — goluri pentru montat suporții izolatoarelor.

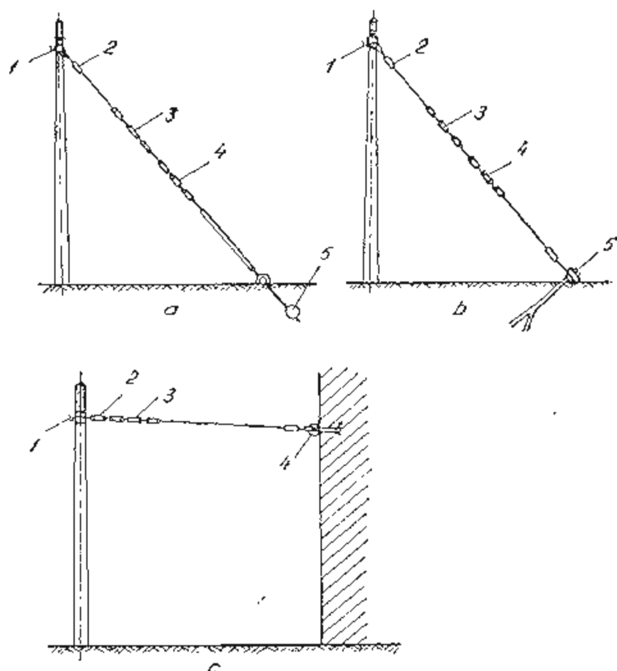


Fig. 8.21. Ancore folosite la rețelele pentru linii pînă la 1 kV :

a — ancoră tip P ; *b* — ancoră tip S ; *c* — ancoră tip Z ; *1* — cîrlig ; *2* — clemă de legătură ; *3* — izolator ; *4* — întinzător ; *5* — butuc de ancorare.

Clemele de legătură folosite la rețelele liniilor electrice aeriene servesc pentru realizarea legăturii electrice și mecanice între conductoare. Secțiunea clemelor corespunde secțiunii conductoarelor și trebuie — cînd e cazul — să suporte efortul de întindere transmis de conductoare.

Clemele de legătură se pot împărți în : cleme de îmbinare, cleme de legare la izolatoare de tracțiune sau cleme universale (fig. 8.22 ; 8.23 și 8.24).

Confecționarea clemelor de legătură (v. fig. 8.22) se face din tuburi ovale de cupru, aluminiu sau din oțel zincat. În interiorul acestor cleme se introduc capetele conductoarelor înnădite, iar legătura mecanică se obține prin strîngerea șuruburilor sau a niturilor din oțel, sau prin presare.

Clemele universale (v. fig. 8.23) sînt confecționate din alamă cu șuruburi de strîngere din oțel; ele sînt folosite la legarea conductoarelor de

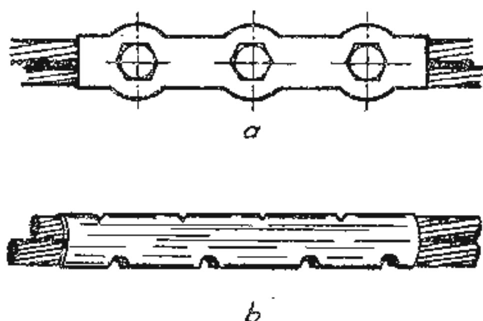


Fig. 8.22. Cleme de legătură pentru înnădire :
a — clemă cu șuruburi ; b — clemă presată.

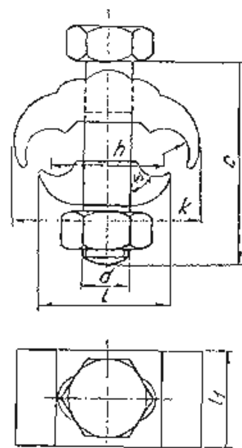


Fig. 8.23. Clemă universală.

cupru cu secțiuni pînă la 95 mm², dacă nu sînt supuse la eforturi de întindere. Piesele confecționate din oțel (șuruburi, șaibe, piulițe) intrînd în alcătuirea clemelor, se protejează împotriva coroziunii, prin zincare la cald.

La înnădirea conductelor funie, de secțiuni mai mari, se folosesc cleme de legătură plate sau drepte (fig. 8.24,*a,b*). Realizarea unei derivații de la un conductor la un aparat electric montat în exterior se obține prin montarea unei cleme plate de derivație, cu șuruburi de strîngere (fig. 8.24,*c*).

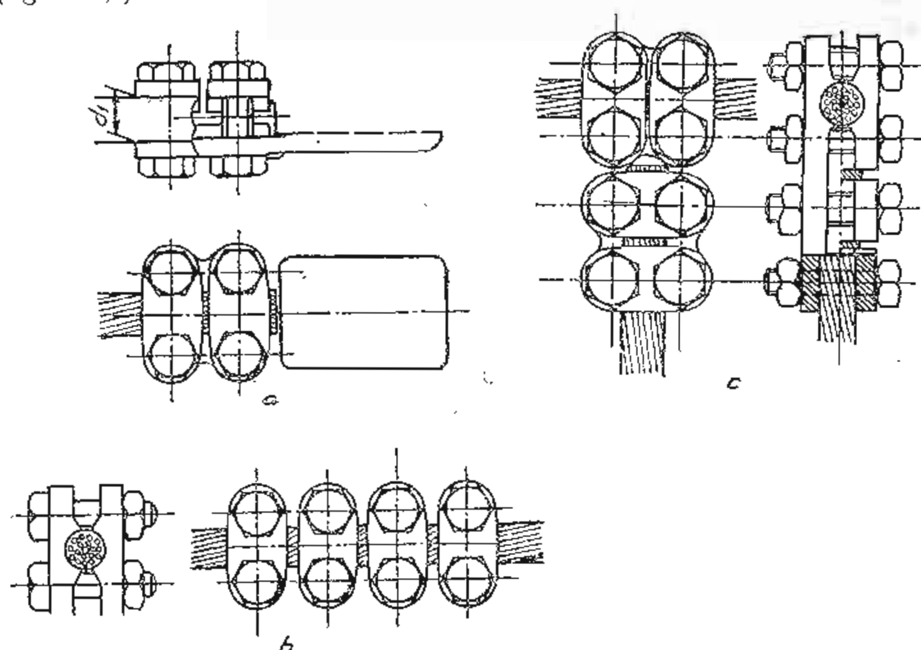


Fig. 8.24. Cleme plate și drepte pentru legături și derivatii:
a — clemă plată de legătură; *b* — clemă dreaptă de legătură; *c* — clemă dreaptă de derivație.

.3. Calculul liniilor electrice aeriene de joasă tensiune

Dimensionarea rețelelor electrice aeriene se face astfel încît să se asigure funcționarea lor continuă și corespunzătoare în orice condiții atmosferice, ținîndu-se seama în același timp de o serie de criterii tehnice și economice.

Conductoarele se dimensionează astfel încît să corespundă atît din punct de vedere mecanic, cît și din punct de vedere electric; rezistența lor mecanică trebuie să fie suficient de mare, pentru a nu se rupe în timpul montajului și al exploatării, sub influența eforturilor de tracțiune ce apar.

Stîlpii sînt dimensionați ținîndu-se seama ca din punct de vedere mecanic să preia toate sarcinile statice și dinamice ce pot să apară în

timpul exploatării cum sînt cele produse de acțiunea greutății proprii a liniei, a temperaturii, a vîntului și a chiciurii.

În general calculul liniilor electrice aeriene se efectuează pe baza unor norme și prescripții în care se precizează condițiile lor de funcționare și gradul de siguranță care trebuie asigurat în exploatare (STAS R. 1444-50 ; R. 1953-51 ; R. 1832-50 și 2092-51).

a. **Calculul mecanic al conductoarelor liniilor aeriene.** Sub acțiunea conjugată a greutății proprii a conductoarelor, a chiciurii, a poleiului și a vîntului, în conductoarele liniilor electrice aeriene, aflate în exploatare, pot apărea eforturi care să ducă la ruperea conductoarelor. În timpul montajului, la întinderea conductoarelor, pentru a se realiza o anumită distanță prescrisă între cea mai joasă parte a conductelor și pămînt, pot apărea de asemenea eforturi mecanice însemnate.

Cu cît conductorul este mai întins, adică solicitat mai puternic, cu atît săgeata — distanța pe verticală de la linia orizontală care unește cele două puncte de susținere a conductorului și tangenta orizontală în punctul său inferior — va fi mai mică. Prin urmare, între săgeți și eforturile de întindere, există o legătură biunivocă (unei săgeți îi corespunde un anumit efort și invers).

Aceasta permite reducerea calculului eforturilor din conductoare, la calculul săgeții.

Dacă prin proiect se stabilește o săgeată mare, deci conductoare cu eforturi mici, rezultă necesitatea utilizării unor stîlpi înalți, ceea ce poate face ca pe timp de furtună, prin balansare, conductoarele să se atingă dînd naștere la scurtcircuite. O săgeată mică conduce dimpotrivă la eforturi mari de întindere în conductoare, astfel încît la variații de temperatură, în timpul funcționării eforturile unitare ce apar în conductoare să depășească rezistența maximă de rupere a acestora. De aceea, prin calcule trebuie să se determine forța de întindere a conductoarelor la montarea liniei, corespunzătoare unei anumite săgeți, astfel încît la orice variație ulterioară a temperaturii și la orice sarcină exterioară, să nu apară în conductoare, un efort care să depășească valoarea maximă admisibilă (tabela 8.1).

Prin STAS 1832-50 teritoriul țării noastre este împărțit în două regiuni geografice, cu condiții meteorologice asemănătoare :

— Regiunea I cuprinde ținuturile aflate la sud și la est de lanțul munților Carpați, adică — Oltenia, Muntenia, Dobrogea și Moldova ;

— Regiunea a II-a, cuprinde ținuturile aflate la vest și la nord de munți, adică Banatul și Transilvania.

În regiunea I cu condiții meteorologice mai grele, grosimea stratului de chiciură, depus frecvent pe conductoarele liniilor aeriene, se consideră :

— 2,0 cm pentru linii importante, de categoria I, alimentînd regiuni întinse ale țării ;

Tabela 8.1

Valorile săgeții la liniile aeriene cu conductoare de cupru și aluminiu

Materialul și secțiunea conductorului, mm²	Efortul maxim admisibil kgf/mm²	Deschiderea m	Săgeata, cm la temperaturile:					
			— 10°C	0°C	+ 10°C	+ 20°C	+ 30°C	+ 40°C
Cu; 25	8	20	8	11	15	20	25	29
		30	21	27	33	40	45	51
		40	48	55	63	70	76	82
		50	86	94	101	108	115	121
		60	133	141	149	136	163	169
Cu; 35	8	20	8	11	25	20	25	29
		30	17	22	29	35	41	47
		40	38	46	54	61	68	74
		50	69	78	86	91	101	108
		60	109	118	126	134	142	149
Cu; 50	8	20	8	11	15	20	25	29
		30	16	21	27	34	40	45
		40	31	38	46	53	60	67
		50	56	64	73	81	89	96
		60	88	98	107	116	125	133
Cu; 70	8	20	8	11	15	20	25	29
		30	16	21	27	34	40	45
		40	28	34	42	50	57	65
		50	48	54	63	74	82	91
Cu; 95	8	20	8	11	15	20	25	29
		30	26	21	28	34	40	46
		40	28	35	47	51	58	65
		50	44	52	51	70	79	87
AL; 25	5,5	30	10	15	23	33	42	50
		40	34	46	57	67	76	84
		50	79	90	101	111	120	128
		60	134	145	157	164	173	182
Al; 35	5,5	30	8	11	16	25	35	43
		40	19	28	40	51	62	71

Tabela 8.1 (continuare)

Materialul și secțiunea conductorului, mm²	Efortul maxim admisibil kgf/mm²	Deschiderea m	Săgeata, cm la temperaturile :					
			— 10°C	0°C	+ 10°C	+ 20°C	+ 30°C	+ 40°C
		50	48	61	74	86	97	107
		60	91	105	117	129	140	150
Al; 50	5,5	30	8	10	16	25	34	43
		40	14	19	28	40	15	62
		50	29	40	53	67	79	91
		60	56	71	86	101	114	125
Al; 70	5,5	30	10	14	23	32	41	49
		40	18	27	38	50	60	70
		50	39	52	66	78	90	100
		60	71	86	101	114	125	139
Al; 95	5,5	30	12	11	28	37	46	53
		40	21	32	43	55	65	74

— 1,7 cm pentru linii mai puțin importante, județene, orășenești și comunale, intrînd în categoriile a II-a și a III-a.

În regiunea a II-a, cu condiții meteorologice mai ușoare, grosimea stratului de chiciură se ia :

— 1,7 cm pentru linii de categoria I ;

— 1,3 cm pentru linii intrînd în categoriile II și III.

În ceea ce privește presiunea vîntului, atunci cînd ea intră în calcule, se ia : 30 kgf/m² la linii de categoria I și 15 kgf/m² la linii de categoria a II-a și a III-a.

Față de cele de mai sus, STAS 1833-50, stabilește trei ipoteze de calcul, și anume :

Ipoteza 1, corespunzătoare situației în care temperatura exterioară este de —5°C. În această ipoteză, conductorul se consideră solicitat, de greutatea sa proprie, de greutatea stratului de chiciură și de presiunea vîntului.

Chiciura are o greutate specifică de 0,9 kgf/dm³, volumul ei stabilindu-se corespunzător categoriei liniei și prescripțiilor arătate mai sus. Dacă diametrul conductorului este d, iar al conductorului cu strat de chiciură d_2, volumul chiciurii pe lungimea l, cuprinsă între doi stîlpi învecinați este :

$$V_c = S_c\, l = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)\cdot l \qquad [\mathrm{dm}^3]\,,$$

unde S_c este secțiunea chiciurii.

Greutatea stratului de chiciură va fi :

$$G_c = V_c \cdot g_c = 0{,}9\, V_c\,[\mathrm{kgf}],$$

unde :

g este greutatea specifică a chiciurii ;

V_c — volumul chiciurii depusă pe conductor ;

G_c — greutatea chiciurii depusă pe conductor.

Pentru alegerea presiunii vîntului, suprafața solicitată de vînt este egală cu jumătatea proiecției conductorului încărcat cu chiciură, pe un plan perpendicular pe direcția vîntului. Dacă diametrul conductorului încărcat cu chiciură este d_2, pe lungimea de conductor considerată l, suprafața ce se opune vîntului va fi :

$$S_v = \frac{1}{2} d_2 \cdot l \qquad [\mathrm{m}^2]\ .$$

În această situație, efortul dat de vînt, ce urmează a fi considerat în calcul, este :

$$F_v = p_v \cdot S_v\ [\mathrm{kgf}],$$

unde :

p_v este presiunea vîntului, corespunzătoare categoriei liniei, în kgf/m^2;

S_v — suprafața de conductor, ce se opune vîntului, ținîndu-se seama de chiciură, în m^2.

Ipoteza a II-a, corespunzătoare situației în care temperatura exterioară este —30°C și în care vîntul și chiciura sînt absente. În această ipoteză conductorul se consideră solicitat numai de greutatea proprie.

Ipoteza a III-a, corespunzătoare situației în care temperatura exterioară este maximă (de vară) și în care conductorul se consideră solicitat de asemenea numai de greutatea sa proprie. STAS 1833-50 indică +40°C, temperatura maximă de vară, a tuturor regiunilor, cu excepția sudului Olteniei, Munteniei și Dobrogei, unde se va considera o temperatură maximă de +50°C.

Calculul săgeții. Se consideră un conductor suspendat pe doi stîlpi. Acesta ia forma unei parabole, iar din ecuația de momente față de punctul A rezultă (fig. 8.25) :

$$f \cdot s \cdot p = \frac{G \cdot d}{2} \cdot \frac{d}{4},$$

de unde :

$$f = \frac{1}{8} \cdot \frac{G \cdot d^2}{s \cdot p} \qquad [\mathrm{m}],$$

în care :

s este secțiunea conductorului ;
d — deschiderea dintre cele două puncte de suspendare a conductorului, în m ;
G — sarcina totală a conductorului, în kgf, conform ipotezei de calcul considerată ;
p — efortul de tracțiune admisibil în conductor, în kgf/mm².

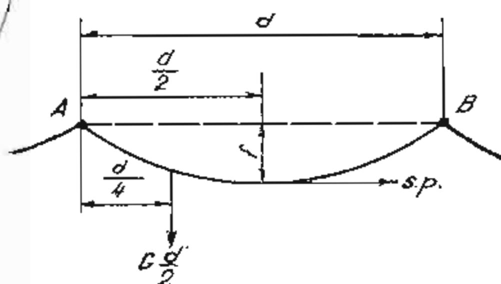


Fig. 8.25. Conductor suspendat în două puncte ; f — săgeata.

Pentru a calcula deci săgeata se alege una din ipotezele de calcul arătate mai sus. Se vor lua cele mai defavorabile valori meteorologice, care au fost observate în zona în care este amplasată linia ce urmează a se monta ; pentru linii de categoria a II-a se ia în considerație o perioadă de timp de cinci ani, iar pentru linii de categoria I, o perioadă de 10 ani.

În cazul în care nu se cunosc datele meteorologice din perioadele de timp din ultimii 5 respectiv 10 ani, după caz, se vor folosi datele arătate mai înainte, la ipotezele de calcul.

Dacă în urma observațiilor meteorologice vor rezulta valori mai mici decît cele arătate, mai înainte, pentru grosimea stratului de chiciură, pentru temperatură sau presiunea vîntului, se vor lua în calcul valorile arătate mai înainte, evident superioare celor rezultate din observații.

În formula de calcul a săgeții, sarcina totală G a conductorului se află cumulînd sarcinile date de greutatea proprie a conductorului cu cea dată de greutatea stratului de chiciură și de presiunea vîntului, corespunzătoare lungimii de conductor cuprinsă între două puncte alăturate de suspensie :

$$G = g_{cd} + g_{ch} + p_v \text{ [kgf]}.$$

Efortul unitar p se ia pentru linii industriale astfel :

$p = 8{,}0$ kg/mm² pentru conductoare din cupru tare ;
$p = 5{,}5$ kg/mm² pentru conductoare din aluminiu ;
$p = 12{,}0$ kg/mm² pentru conductoare din oțel.

Celelalte elemente intrînd în calculul săgeții, sînt cunoscute, fie ca elemente dimensionale ale traseelor cum este cazul distanței între stîlpi, indicată în prescripții, fie ca elementele rezultate din alte calcule, cum este cazul secțiunii conductorului, rezultată din calculele la încălzire sau la cădere de tensiune.

La montarea liniei, conductoarele se întind în condiții atmosferice diferite de cele rezultate din calcul și de aceea, săgeata în momentul montării liniei este diferită față de cea calculată.

De aceea pentru a înlesni rapiditatea determinării săgeții, ținînd seama de condițiile meteorologice din timpul montajului, au fost întocmite tabele, care dau valori aproximative dar acceptabile, pentru săgeți, în funcție de natura și secțiunea conductorului, de deschiderea dintre stîlpii de susținere alăturați și de temperatura zilei, citită la termometru, în momentul întinderii liniei (v. tabela 8.1).

Tabela 8.2

Intensități de durată admisibile în conductoare neizolate, montate în aer liber, pentru temperatura mediului ambiant de +25°C

Felul materialului	Secțiunea conductorului, în mm²								
	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Cupru	70 150	95 185	130 240	180 300	220 400	270 500	340 600	415	425

Exemplu de calcul. Trebuie executată o linie electrică aeriană cu conductoare de cupru de 25 mm², cu distanța între stîlpi de 60 m, într-o zi de vară cu temperatura $t = +30°C$. Din tabela 8.1 se deduce valoarea ce urmează a se da săgeții, f = 163 cm.

b. **Calculul termic al conductoarelor.** La dimensionarea liniilor electrice aeriene cu conductoare neizolate, se face și un calcul termic, care se reduce la determinarea secțiunii pe baza încălzirii maxime admisibile. În tabela 8.2 sînt date valori pentru intensitățile admisibile de durată, în conductoarele de cupru sau aluminiu, neizolate, montate în aer liber, pentru temperatura mediului ambiant de + 25°C, stabilite pe baza calculului la încălzire a conductoarelor.

c. **Calculul căderii de tensiune.** Pentru a ține seama de reactanța inductivă a liniei aeriene, datorată influenței reciproce a conductoarelor parcurse de curent, se aplică formula :

$$\Delta U = \frac{RP + XQ}{U},$$

în care :

$$X_0 = \omega \left[4{,}6 \lg \frac{D_{med}}{r} + 0{,}5 \mu \right] 10^{-4} \qquad (8.1)$$

unde :

X_0 este reactanța unei faze, în Ω/km :
$\omega = 2\pi f$ — pulsația curentului de frecvență f;
D_{med} — distanța medie geometrică dintre axele conductoarelor ; dacă se notează cu D_1, D_2, D_3 distanțele dintre axele celor trei conductoare ale unei linii aeriene trifazate ; atunci :

$$D_{med} = 3\sqrt{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3};$$

r — raza conductorului, în aceleași unități de măsură ca și D_{med};
μ — permeabilitatea magnetică relativă a materialului din care este confecționat conductorul (pentru cupru și aluminiu $\mu = 1$).

La conductoarele din oțel, pentru care permeabilitatea magnetică relativă nu mai este egală cu unitatea și depinde de valoarea curentului, relația 8.1 se poate scrie sub forma :

$$X_0 = (4{,}6\,\omega \cdot \lg\frac{D_{med}}{r} \cdot 10^{-4} + 0{,}5\,\omega\,\mu\,10^{-4})\ [\Omega/\text{cm}].$$

Expresia $X_{01} = 0{,}5\,\omega\,\mu\,10^{-4}$ se numește reactanță inductivă internă, iar expresia $X_{02} = 4{,}6\,\omega \cdot \lg\frac{D_{med}}{r} \cdot 10^{-4}$ se numește reactanță inductivă externă.

De unde rezultă :

$$X_0 = X_{01} + X_{02}.$$

Exemplu de calcul. Să se afle căderea de tensiune pe o linie aeriană trifazată de 380 V, 50 Hz, a cărei schemă este reprezentată în figura 8.26. Conductoarele sînt din aluminiu și așezate în același plan vertical, la distanța de 35 cm, iar secțiunea conductoarelor este de 50 mm². Lungimea liniei $L = 450$ m.

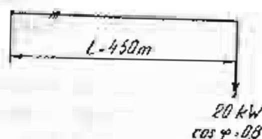


Fig. 8.26. Linie trifazată cu o sarcină echilibrată.

Căderea de tensiune se determină cu relația :

$$\Delta U = \frac{RP + XQ}{U},$$

în care :

$$P = 20\ \text{kW} = 20\,000\ \text{W};$$

$$R = \rho\frac{L}{s} = \frac{1}{34} \cdot \frac{450}{50} = 0{,}26\ \Omega;$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = \sqrt{1 - 0{,}8^2} = 0{,}6;$$

$$Q = P\,\text{tg}\,\varphi = P\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = 20\frac{0{,}6}{0{,}8} = 15\ \text{kvar} = 15\,000\ \text{var};$$

$$D_{med} = 3\sqrt{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} = 3\sqrt{35 \cdot 35 \cdot 70} = 44\ \text{cm} = 440\ \text{mm}.$$

Pentru $r = 4,5$ mm, rezultă:

$$X_0 = \omega \left[4,6 \cdot \lg \frac{D_{med}}{r} + 0,5\mu\right] 10^{-4};$$

$$X_0 = 2\pi \cdot 50 \left[4,6 \cdot \lg \frac{440}{4,5} + 0,5\right] \cdot 10^{-4} = 0,303\ \Omega/\text{km}.$$

Deci: $X = X_0 L = 0,303 \times 0,45 = 0,136\ \Omega$.

Rezultă: $\Delta U = \dfrac{0,26 \cdot 20\,000 + 0,136 \cdot 15\,000}{380} = 19$ V

sau, în procente: $\Delta U\% = \dfrac{19}{380} \cdot 100 = 5\%$.

Pentru a fi mai ușor de lucrat, s-au întocmit tabele cu valorile reactanțelor inductive ale liniilor, ținîndu-se seama de secțiunea conductoarelor și de distanța medie geometrică, dintre acestea. Pentru conductoarele din oțel s-a luat în calcul și valoarea curentului.

În cazul liniilor electrice trifazate cu patru conductoare, pentru conductorul de nul se alege secțiunea imediat inferioară aceleia a conductorului de fază, pentru o secțiune a acestuia pînă la 35 mm, iar în cazul conductoarelor de fază cu secțiuni mai mari pentru conductorul de nul se va lua o secțiune de cel puțin egală cu jumătate din cea a conductoarelor de fază.

d. **Calculul stîlpilor liniilor aeriene.** Stîlpii folosiți la rețelele aeriene se calculează pentru ca aceștia să reziste la eforturile mecanice ce apar atît în regim normal de funcționare cît și în caz de avarie, cînd o parte din conductoare sînt rupte.

Stîlpii sînt supuși la eforturi de compresiune care acționează asupra lor de sus în jos, datorită greutății proprii a stîlpului, a traverselor, a izolatoarelor cu suporți etc.

Calculul solicitării la compresiune nu se face la stîlpii din beton sau lemn. Acest calcul se face numai în cazul stîlpilor metalici cu o înălțime de peste 15 m.

Forțele care produc încovoierea stîlpilor acționează orizontal, în direcția întinderii conductoarelor și depind de sarcinile permanente și accidentale ale liniei electrice.

La liniile electrice montate pe teren plan și cu deschideri egale între stîlpi, eforturile de întindere se compensează în cele două deschideri alăturate. La stîlpii de colț, la care conductoarele fac în cele două des-

chideri un unghi oarecare, efortul rezultant se calculează cu ajutorul paralelogramului forțelor. Notînd cu h_m [în cm] înălțimea medie la care se aplică rezultanta forțelor de tracțiune F [în kgf] și care acționează asupra unui stîlp cu mai multe conductoare, momentul de încovoiere va avea valoarea :

$$M_i = F\,h_m \text{ [kgf/cm]}.$$

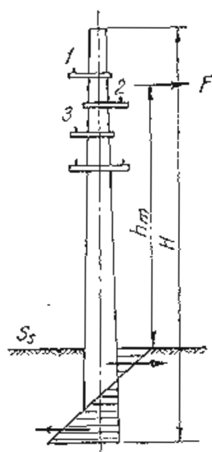


Fig. 8.27. Încovoierea unui stîlp simplu.

În figura 8.27, în care este arătată distribuția momentelor de încovoiere de-a lungul părții îngropate a stîlpului, se observă că momentul este maxim în secțiunea de încastrare, la nivelul solului. Acest moment determină secțiunea stîlpului S_s în acest loc. Efortul unitar efectiv de tracțiune nu trebuie să depășească rezistența admisibilă la tracțiune a materialului, în această secțiune.

În cazul liniilor electrice cu denivelări, calculul stîlpilor metalici sau de beton se efectuează pe baza metodelor generale de calcul a construcțiilor metalice sau din beton armat.

În tabela 8.3 sînt indicate numărul și secțiunea conductoarelor, care se pot monta pe stîlpii de lemn de susținere.

Tabela 8.3

Conductoarele care pot fi montate pe stîlpi de lemn de susținere

Numărul și secțiunea maximă a conductoarelor mm²	Efortul maxim în conductoare kgf/mm²	Distanța între conductoare mm	Lungimea stîlpului m	Grosimea la vîrf cm	Adîncimea de îngropare m
		Conductoare de cupru			
4×50	8	600	9	15—17	1,6
4×50+2×16	8	600	9	15—17	1,8
		Conductoare de aluminiu			
4×50	5,5	600	9	15—17	1,6
4×40+2×25	5,5	600	10	15—17	1,8
4×70	4,5	600	9	16—18	1,6
4×70	4,5	600	10	16—18	1,8
4×95	3,8	600	9	17—19	1,6
4×95+2×25	3,8	600	10	17—19	1,8

4. Executarea liniilor electrice aeriene de joasă tensiune

Executarea unei linii electrice aeriene se face după un proiect de execuție, în care sînt arătate : traseul liniei, cotele terenului și locul de amplasare a fiecărui stîlp în lungul traseului. Profilul longitudinal al liniei se reprezintă pe o planșă, la scara 1 : 500 sau 1 : 100.

În orașe, traseele liniilor electrice aeriene pot intersecta linii aeriene de altă natură, ca de exemplu linii de telefonie, radioficare sau linii electrice cu tensiuni diferite.

Pentru a elimina posibilitățile de accidentare ce se pot ivi la ruperea unora dintre aceste linii, prin proiect trebuie date, cu avizul întreprinderilor care exploatează aceste linii, soluțiile și detaliile de intersecție.

Înainte de începerea lucrărilor, se face mai întîi o recunoaștere a traseului, după care se execută pichetarea, prin baterea unor țăruși în locurile unde vor fi plantați stîlpii pentru rețea. Urmează apoi săparea gropilor, plantarea stîlpilor și legarea conductoarelor pe izolatoare.

Operația de săpare a gropilor se poate face mecanic, cu mașini speciale prevăzute cu burghie cilindrice de diferite diametre, sau manual cu lopeți și cazmale.

Dacă lucrările de săpare se execută manual, este bine ca gropile să fie săpate în două sau trei trepte, acest lucru ajutînd la plantarea stîlpilor și la baterea pămîntului de umplutură.

Gropile pentru stîlpii de tip A sau dubli trebuie executate cu o lățime de 0,8—1 m.

Adîncimea de îngropare a stîlpilor este de 1/5—1/6 din lungimea lor, și se determină cu ajutorul formulei :

$$h = 1{,}50 + \frac{L-8}{10}\ [\mathrm{m}],$$

în care L reprezintă lungimea stîlpului, în metri.

Pentru montaj, stîlpii simpli de susținere și de întindere se aduc pe teren gata echipați. Stîlpii combinați se transportă parțial sau total demontați.

La ridicarea stîlpilor simpli se folosesc furci de lemn iar pentru a aluneca mai ușor în groapă, pe peretele vertical al acesteia se așază o scîndură unsă cu păcură, pe care alunecă în groapă baza stîlpului.

În timpul plantării stîlpilor, se mai folosesc și capre mobile, care împiedică căderea stîlpului. Aceste capre sînt alcătuite din două bile din lemn rotund, legate la vîrfuri cu șuruburi. De vîrful caprei se leagă cu un cablu capătul de sus al stîlpului care se ridică. Pentru ridicarea stîlpilor de tip A sau combinați, se folosesc vinciuri sau scripeți, montați pe o capră mobilă. Stîlpii din beton, a căror ridicare e mai dificilă datorită greutății și fragilității lor, se vor ridica cu ajutorul automacaralelor speciale, sau al macaralelor montate pe tractoare.

După introducerea în gropi a stîlpilor, aceștia se rotesc pentru a fi orientați în poziția normală în aliniament, verificîndu-se prin vizare cu firul de plumb, poziția lor în lungul rețelei și verticalitatea.

Dacă sînt stîlpi care prezintă curburi, aceștia trebuie montați cu curbura în lungul liniei electrice.

Gropile trebuie astupate imediat după verificarea plantării. În acest scop se folosește pămîntul rezultat de la săparea gropilor. Acesta se

bate în straturi de 10—15 cm, cu un mai din oțel sau din lemn. Consolidarea stîlpilor este obligatorie în terenurile slabe, aceasta realizîndu-se prin așezarea de pietriș în jurul stîlpului, la fiecare 1/3 din adîncimea de îngropare, în două straturi de 30—40 cm grosime, sau prin adaosuri din lemn, legate de stîlp cu bandaje din sîrmă galvanizată.

La stîlpii din beton armat, plantați în terenuri normale, se folosesc fundații burate cu pietriș și nisip iar în terenuri slabe se folosesc fundații din beton sau plăci prefabricate din beton, fixate de stîlpi cu buloane din oțel.

Pentru întinderea conductorului pe stîlpi, acesta se desfășoară de pe tambur. În timpul desfășurării trebuie să se evite orice frecare a conductorului cu pereții tamburului sau cu solul. De asemenea desfășurarea se va face cu grijă evitîndu-se formarea de noduri sau ochiuri, în special la conductoarele de aluminiu care fiind ductil trebuie ferit de zgîrieturi, loviri, îndoiri etc.

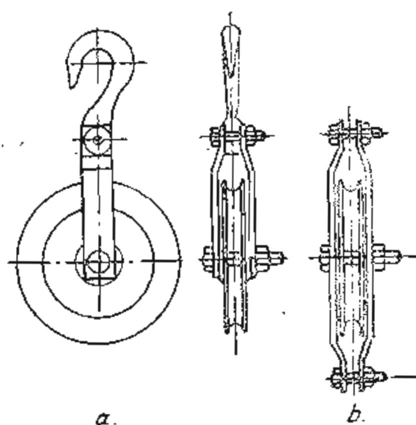


Fig. 8.28. Scripete pentru întinderea conductoarelor :
a — scripete de susținere ; b — palan.

Ridicarea conductoarelor pe stîlpi se face cu ajutorul unor scripeți de întindere, cu role (fig. 8.28), care se agață de suporturile izolatoarelor. Rolele se ung cu vaselină specială neutră pe suprafața de contact a acestora cu conductoarele.

Operația de ridicare a conductoarelor la izolatoare se face în același timp, pentru toate fazele.

În acest scop, se aduc tamburii cu conductoarele necesare tuturor fazelor și conductorului de nul și se desfășoară de-a lungul traseului, așezîndu-se în paralel toate conductoarele liniei.

După aceasta, se ridică pe rînd la fiecare stîlp toate conductoarele ce urmează a fi montate la acesta.

După desfășurarea conductoarelor, înaintea ridicării, se va fixa la stîlpul de capăt, prin legătură cu ochi și clemă, toate conductoarele.

După fixare, conductoarele ridicate la izolatoare și așezate pe rolele scripeților, se prind pe rînd cu o clemă broască specială folosită la întinderea conductoarelor.

Întinderea conductoarelor se face, respectîndu-se tabela de montaj, pînă ce se obține săgeata corespunzătoare sau efortul prescris în conductoare. Acest efort se măsoară cu ajutorul unui dinamometru fixat la conductoare la capătul de care se întinde. Valoarea săgeții realizate se verifică prin vizare între doi stîlpi alăturați. Dacă pe același stîlp se găsesc conductoare cu secțiuni diferite, la întinderea lor se alege săgeata conductorului cu cea mai mare secțiune.

Dacă la o rețea se folosesc conductoare din cupru și aluminiu întinse pe aceiași stîlpi, conductoarele din cupru se vor monta sub cele de aluminiu. La deschideri mari înnădirea conductoarelor se face numai cu cleme de înnădire.

La montarea conductoarelor, trebuie să se păstreze deasupra solului o distanță minimă de 5,0 m, pentru linii aeriene cu conductoare neizolate trecînd peste zone nelocuite și de 6,0 m pentru aceeași linie, trecînd însă peste zone locuite. Aceste gabarite sînt obligatorii conform normativului I. 7—68, pentru linii cu tensiune pînă la 1 000 V.

Normativul I. 7—68 dă o serie de tabele, conținînd toate elementele obligatorii în montajul liniilor electrice aeriene.

Legarea conductoarelor la izolatoare se face numai după terminarea întinderii.

Această operație trebuie făcută conform STAS 1117-50, care precizează că conductoarele din cupru cu secțiunea pînă la 35 mm^2 se leagă cu sîrmă din cupru de 4 mm^2 secțiune, iar cele cu secțiunea mai mare decît 35 mm^2 se leagă cu sîrmă avînd secțiunea de 6 mm^2.

Înainte de a fi legate, conductoarele de aluminiu sînt protejate împotriva erodării, prin înfășurarea cu o bandă de aluminiu groasă de 1 mm și lată de 10 mm. Această bandă se bobinează în spirală pe conductorul de aluminiu, uns în prealabil cu vaselină neutră, inelele alăturate fiind la o distanță de 1 mm.

Datorită vibrațiilor conductoarelor, datorate acțiunii vîntului, conductoarele se freacă de izolator. Cum aluminiul are o duritate foarte mică, el s-ar eroda, dacă nu ar fi protejat cu banda de aluminiu. Aceasta, prin frecare se va subția și se va rupe, trebuind a fi înlocuită atunci cînd se constată, la verificările liniei, ruperea ei și jocul conductorului de legătură la izolator.

Legarea la izolator a conductoarelor se face prin legătura simplă sau întărită, în cruce

C. REȚELE DE CABLURI SUBTERANE DE JOASĂ TENSIUNE

1. Generalități

Cablurile, utilizate în rețelele electrice subterane de transport și distribuție, sînt protejate printr-o izolație continuă contra umezelii pămîntului, influențelor chimice și loviturilor mecanice. Aceste cabluri se montează fie îngropate în pămînt, fie în canale din tuburi sau zidărie, accesibile sau circulabile. În interiorul clădirilor, cablurile pot fi montate atît în canale prevăzute în pardoseală, cît și vizibil, pe ziduri sau stelaje.

Din punct de vedere al siguranței în exploatare, cablurile subterane sînt superioare liniilor electrice aeriene, deoarece se găsesc la adăpost de acțiunea agenților atmosferici : ploaie, furtună, trăsnet, chiciură, polei etc.

Montarea cablurilor subterane necesită însă cheltuieli de investiție mai mari decît în cazul liniilor electrice aeriene. Conductele rețelelor subterane au costuri de exploatare mai mici dar un defect într-un cablu, provoacă o întrerupere mai mare în funcționarea rețelei și deci un deranjament mai supărător.

Datorită avantajelor pe care le au liniile electrice subterane de cabluri, acestea au căpătat o largă răspîndire, mai ales în incinte industriale, cu circulația mare și necesități de securitate sporite. De asemenea se folosesc în localitățile mai importante și pretențioase din punct de vedere arhitectonic.

Cele mai importante elemente ale rețelelor subterane de cabluri sînt: cablurile, manșoanele de înnădire și derivație și cutiile terminale.

În afara acestor importante elemente, mai sînt utilizate și alte materiale auxiliare, uneori specifice, cum sînt masa neagră de cablu, masa galbenă, clemele de înnădire a conductoarelor, distanțiere etc., materiale mărunte dar a căror calitate și tehnologie de montaj, fiind mai pretențioase decît la liniile aeriene, solicită o pregătire superioară personalului ce execută atît montajul cît și întreținerea.

2. Cabluri pentru rețele subterane

Un cablu este alcătuit din conductoare de cupru sau de aluminiu, izolația din hîrtie impregnată, din cauciuc sau PCV, mantaua de plumb și benzile metalice de protecție.

Cablurile ce se montează în subsoluri, vizibil sau în canale în pardoseală, în locuri fără pericol de lovire, nu trebuie să aibă obligatoriu, benzi metalice de protecție.

Cablurile folosite în subsoluri nu au nici înveliș de iută (la exterior peste benzile metalice), deoarece iuta asfaltată arde, dezvoltînd fum mult și înțepător, propagînd arderea și îngreuind respirația celor care încearcă să stingă incendiul.

Armătura de oțel din benzi, este în orice caz evitată la cabluri de curent alternativ cu un singur conductor ; cînd este necesar se aplică o armătură din oțel amagnetic. În acest fel se evită o pierdere de tensiune mult prea mare.

Conductoarele sînt masive pînă la o secțiune de 10 mm^2, pentru cupru și 16 mm^2, pentru aluminiu. Pentru secțiuni mai mari acestea sînt alcătuite din mai multe conductoare, sub forma de funie.

Secțiunea conductorului poate fi circulară sau de forma unui sector de cerc de 90°, 120° sau 180° ca în figura 8.29, după cum are 4, 3 sau 2 conductoare. Forma de sector conduce la o economie de material fără ca însușirile electrice să sufere. Din contră, sectorul acoperă mai bine secțiunea cablului și micșorează cantitatea de hîrtie impregnată folosită ca umplutură între conductoare, ceea ce elimină o parte din defecțiunile frecvente în cabluri.

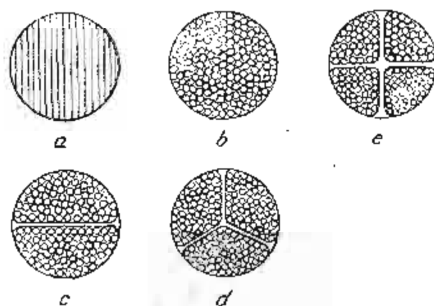


Fig. 8.29. Secțiuni ale conductoarelor din cabluri:

a — circulară monofilară (mașină); *b* — monofilară (funie); *c* — sector de 180°, multifilar; *d* — sector de 120°, multifilar; *e* — sector de 90°, multifilar.

Izolația cablurilor poate fi alcătuită din hîrtie de celuloză sugativă, impregnată în ulei mineral amestecat cu 15—20% colofoniu. Acest amestec are o viscozitate mai mare decît aceea a uleiului mineral.

La trecerea curentului prin conductoare, apar cîmpuri electrostatice care prilejuiesc apariția de sarcini electrice negative și pozitive, ce se acumulează pe suprafețele conductoarelor și ale mantalei de plumb, separate prin masa dieletrică a hîrtiei izolatoare impregnate. Densitatea încărcării este mai mare pe conductor și mai mică pe mantaua de plumb, deci și cîmpul este mai concentrat lîngă conductor și mai puțin concentrat către mantaua de plumb.

Intensitatea cîmpului produce în dielectric — hîrtia impregnată — o solicitare, deplasînd atomii izolației.

Cînd din fabricație în interiorul izolației au rămas goluri care conțin aer sau gaz, situația se complică. Un astfel de gol rezultă pe o anumită porțiune, din desprinderea straturilor de hîrtie ce se bobinează. Pereții golului au aceeași formă cu conductorul deci formă circulară. În acest caz direcția forței ce solicită izolația este de-a lungul razelor conductorului, perpendiculară pe pereții golurilor astfel formate în jurul conductoarelor.

Dacă intensitatea cîmpului depășește o anumită valoare, electronii din atomii dielectricului părăsesc orbitele lor și scapă în aceste goluri de aer, unde ciocnindu-se între ei produc căldură. Ciocnindu-se însă cu molecule de gaz, are loc o smulgere de electroni din aceste molecule, formîndu-se astfel ioni care alcătuiesc un curent electric care străbate spațiul gazos.

Datorită ionizării și încălzirii, porțiunea de cablu se distruge prin carbonizarea izolației din acea zonă. Iată de ce golurile de aer formate în cabluri sînt periculoase pentru existența acestora.

Izolația cablurilor este însă supusă uneori și la eforturi diferite, datorită încărcării neuniforme a fazelor.

Căldura din vinele conductoare, se transmite prin izolație la mantaua de plumb. Ca o consecință, are loc o dilatare a acesteia, mantaua căpătînd astfel deformații permanente.

Locul liber rămas între mantaua de plumb dilatată și izolație, facilitează apariția fenomenelor arătate mai înainte ducînd astfel la distrugerea cablului. BinCînțeles că acest lucru se întîmplă în timp, caracterizînd fenomenul de îmbătrînire a cablului.

a. Tipuri de cabluri. Datorită unor caracteristici de fabricație și de utilizare, cablurile pot fi împărțite în mai multe grupuri, după criterii comune acestora, ca de exemplu : forma conductorului, numărul vinelor conductoare, felul izolației, felul protecției, tensiunea etc.

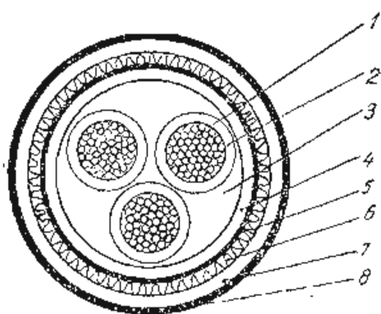


Fig. 8.30. Secțiune printr-un cablu cu brîu izolator cu trei conductoare :

1 — vînă conductoare multifilară ; *2* — strat de izolație de hîrtie impregnată aflat pe fiecare vînă conductoare ; *3* — umplutură de sfoară de hîrtie impregnată, ce umple spațiile dintre vinele conductoare izolate și brîul izolator ; *4* — brîul izolator de hîrtie impregnată ce înfășoară strîns inima de cablu ; *5* — mantaua de plumb etanșînd ermetic inima de cablu împotriva pătrunderii umezelii în interior ; *6* — strat de protecție contra acțiunii distructive a curenților vagabonzi, alcătuit din două rînduri de hîrtie asfaltată și un rînd de iută asfaltată ; *7* — strat de protecție împotriva eforturilor mecanice, alcătuit din benzi metalice de tablă de oțel 30 × 0,5 sau 30 × 1 mm ; *8* — strat de protecția benzilor metalice împotriva coroziunii chimice, alcătuit din iută sau sfoară asfaltată.

Se pot deosebi :

— după forma conductorului : cabluri cu conductoare rotunde (cu secțiune circulară) și cabluri cu conductoare în formă de sector ;

— după numărul conductoarelor : cabluri cu unul, două, trei sau patru conductoare ;

— după felul izolației cablurile pot fi : cu brîu izolator de hîrtie, cu izolație de PCV, cu izolație de cauciuc, cu vine metalizate și cabluri speciale ;

— după felul protecției mecanice cablurile sînt : cu manta de plumb și fără armătură metalică sau cu manta de plumb și cu armături metalice.

b. *Cabluri cu brîu izolator de hîrtie.* În figura 8.30 este arătat un cablu cu trei vine conductoare, cu brîu izolator, benzi metalice de protecție și iută asfaltată.

Vinele conductoare *1*, formate ca funii conductoare cu secțiune circulară, sînt fie din cupru moale, fie din aluminiu moale.

Fiecare vînă conductoare este izolată în hîrtie de celuloză sugativă *2*, constituind un strat izolator de o anumită grosime. Hîrtia din care a fost alcătuit acest strat, a fost în prealabil uscată și impregnată cu ulei și colofoniu.

Grosimea acestui strat se stabilește în funcție de tensiunea de serviciu (nominală) a cablului, luîndu-se ca bază o anumită limită pentru solicitarea admisibilă.

Cu cele trei vine conductoare alcătuite în funie și umplîndu-se golurile ce rezultă la mijloc și la colțuri cu sfoară impregnată *3*, se for-

mează așa zisa „inimă de cablu", strînsă în brîul izolator de hîrtie 4, avînd forma unui cilindru.

Grosimea brîului izolator se dimensionează pe baza tensiunii dintre conductorul de fază și mantaua de plumb. Cum însă cablurile pot fi folosite în rețele în care neutrul sistemului nu este pus la pămînt, grosimea izolației de brîu trebuie să fie egală cu aceea dintre conductoarele de fază.

Hîrtia folosită la confecționarea brîului este și ea în prealabil uscată în vid și impregnată.

Inima de cablu astfel pregătită este acoperită cu mantaua de plumb moale 5, aplicată cu ajutorul unei prese. În cazuri speciale, mantaua este confecționată din plumb aliat cu cositor și antimoniu, aliaje cu o rezistență mecanică mai mare ca cea a plumbului moale.

La cablurile cu brîu izolator de hîrtie, peste manta sînt lipite două straturi de hîrtie asfaltată, avînd drept scop protecția cablului, împotriva curenților vagabonzi. Curenții vagabonzi care se întorc prin pămînt la substațiile de tracțiune electrică corodează electrolitic cablurile. În cazul rețelelor de cabluri subterane apare procesul de corodare electrolitic al cablurilor, datorită curenților vagabonzi.

Curenții vagabonzi din pămînt își caută drumurile cele mai scurte către substații, alegînd căile întîmplătoare de scurgere ce pot fi : conductele metalice, mantalele de protecție ale cablurilor etc. Pămîntul în care este îngropat cablul, parcurs de curentul vagabond, este umed și bogat în diferite săruri și baze alcătuind un electrolit și ducînd la formarea unui element galvanic în locul în care curentul iese din conductă și intră în pămînt. Această coroziune electrolitică nu consumă uniform materialul — plumbul, ci este concentrată în anumite părți în care se produc găuri.

Pentru a feri cablurile de acțiunea distrugătoare a curenților vagabonzi este necesar a se lua unele măsuri :

— mărirea rezistenței între șinele de transport electric și cabluri, prin lipirea pe mantalele de plumb, a straturilor de hîrtie asfaltată ;

— protecția catodică a tubului sau cablului de protejat, prin ținerea acestuia la un potențial mai scăzut etc.

Peste aceste două straturi de hîrtie asfaltată, se lipește un alt strat, de această dată de iută asfaltată, alcătuind împreună cu primele, stratul de protecție 6.

Urmează stratul 7 alcătuit din trei benzi de oțel cu grosimea de 0,5—1 mm, înfășurate în spirală, astfel încît stratul următor să acopere spațiul rămas între două spire alăturate ale stratului de dedesubt.

Peste benzile de oțel, pentru protecția acestora împotriva coroziunii chimice, se așterne un strat de iută asfaltată 8.

Așa cum s-a văzut la clasificarea cablurilor, din structura generală a unora din aceste cabluri, pot lipsi după caz, unul sau mai multe straturi. Cablul descris mai sus, are cea mai completă structură.

c. **Cabluri cu izolație de cauciuc sau PCV.** Aceste cabluri se fabrică mai ales pentru tensiune joasă. În locul izolației de hîrtie, fiecare vînă conductoare este înfășurată într-un strat de cauciuc vulcanizat. Toate vinele sînt fixate printr-o manta de cauciuc sau bandă impregnată, după care urmează, după caz, mantaua de plumb, benzile metalice de protecție mecanică și iuta asfaltată, unele putînd lipsi. De asemenea sînt și cabluri la care cauciucul este înlocuit de PCV.

d. **Cleme de legătură pentru conductoare.** Pentru înnădirea conductoarelor din cabluri se folosesc mai multe metode, specifice materialului din care este alcătuit conductorul.

Astfel, conductoarele de cupru se înnădesc prin cleme de legătură, pe cînd conductoarele de aluminiu se sudează sau se lipesc utilizîndu-se mai multe genuri de îmbinare.

3. Înnădirea cablurilor din cupru

La înnădirea cablurilor principalele operații sînt : înnădirea conductoarelor și montarea.

a. **Înnădirea conductoarelor de cupru din cabluri.** Pentru înnădirea conductoarelor de cupru cu secțiune circulară mai mare de 6 mm², se utilizează cleme de legătură, normale sau lungi. Tipul de cleme lungi (fig. 8.31) se utilizează în cazul conductoarelor scurtate din cauza arderii accidentale a cablurilor. Clemele normale de legătură (STAS 1231--50) au dimensiuni diferite, corespunzătoare secțiunii conductoarelor, ce urmează a se înnădi (fig. 8.32).

Legăturile între conductoarele de cabluri cu secțiuni diferite se fac cu cleme de legătură și reducere (STAS 1232-50) ca în figura 8.33.

Pentru lipirea clemelor și conductoarelor cablurilor se utilizează un aliaj cu cel puțin 7% cositor.

Pentru înnădire, capetele de conductoare se desizolează pe o lungime egală cu jumătatea clemei de înnădire. După curățirea, degresarea și cositorirea capetelor desizolate, acestea se introduc în clemă și apoi se strîng șuruburile, fixînd strîns conductorul. Pînă aici legătura este încă demontabilă și accesibilă. Dacă se dorește o legătură permanentă, așa cum este cazul cel mai general, se toarnă în orificiul central al clemei, aliajul de lipit, pînă ce clema se umple ; după aceasta se lasă să se răcească și se ajustează eventualele scurgeri. Se procedează similar la toate conductoarele ce urmează a se înnădi.

b. **Montarea manșoanelor pentru cabluri.** Între două porțiuni de cablu se folosesc după caz, manșoane de derivație sau de înnădire.

Complexitatea lucrărilor de îmbinare a cablurilor cere din partea muncitorului un înalt grad de calificare și specializare.

La executarea îmbinărilor de cablu trebuie să se țină seama de următoarele :

— să fie asigurat un contact perfect al circuitului electric ;

— izolația conductoarelor trebuie executată cel puțin tot atît de bine ca izolația cablului respectiv ;

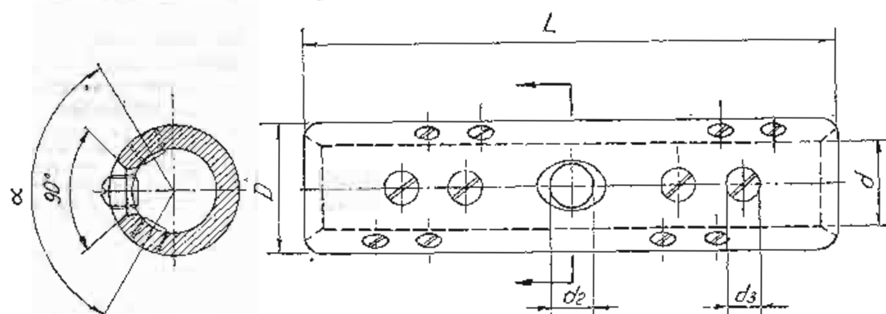


Fig. 8.31. Clemă lungă de legătură.

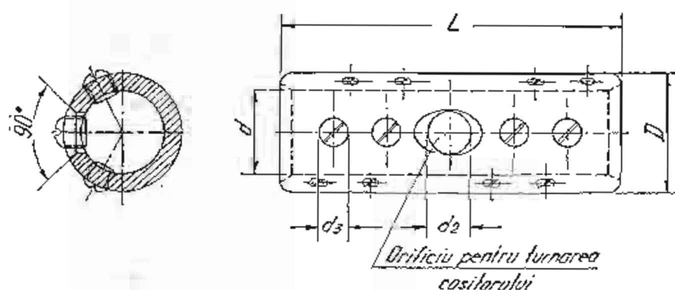


Fig. 8.32. Clemă normală de legătură.

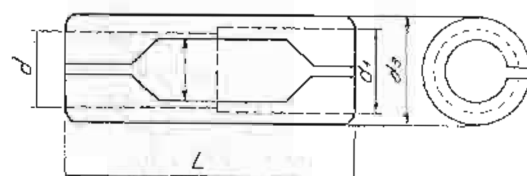


Fig. 8.33. Clemă de legătură și reducere pentru conductoare de aluminiu.

— să se realizeze o etanșare cît mai perfectă, în interiorul manșonului față de mediul exterior ;

— la executarea lucrării de îmbinare trebuie să existe o curățenie perfectă, să se ferească de umiditate și să se respecte procesul tehnologic de montaj ;

— lucrarea începută nu trebuie oprită pînă la terminarea ei, luîndu-se măsuri pe linie de pază contra incendiilor și protecție a muncii.

Cea mai mare parte a lucrărilor de îmbinare se execută la exterior, în șanțurile în care sînt întinse cablurile. Locul în care urmează să se

execută manșonarea se pregătește pentru pozarea manșonului, lărgindu-se șanțul pînă la 1,50 m, pe o lungime de 2,5 m (fig. 8.34). Manșoanele nu se montează în porțiunile în care traseul cablului face un cot, în pante, sub părțile carosabile ale străzilor, sub căile ferate, în dreptul

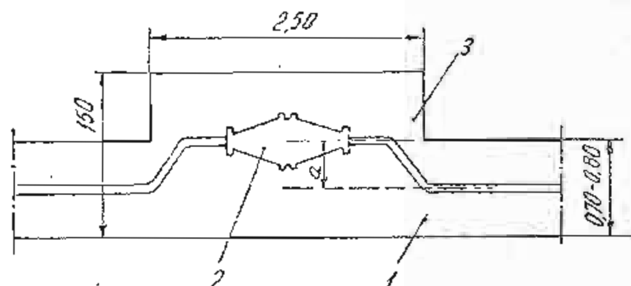


Fig. 8.34. Dimensiunile și forma gropii pentru montarea manșonului de joncțiune.
a — distanța între axele stratului și a manșonului — 0,5...1 ; *1* — șanțul în care este împins cablul ; *2* — manșonul de joncțiune ; *3* — groapa de montaj a manșonului (2,50×1,50 m).

intrării în curțile caselor, la intersecțiile străzilor și în alte locuri, în care intervenția în cazul avariei se face cu greutate sau în care se stînjenește activitatea curentă.

Pentru executarea manșonărilor la înălțime, se construiesc platforme speciale cu balustrade de sprijin și scări de acces.

Deasupra locului de montaj se instalează un cort special de dimensiuni corespunzătoare, care să apere locul pentru execuția manșonului de ploaie, vînt, praf etc. Intrarea în interiorul cortului trebuie orientată înspre partea ferită de vînt. Pe timp rece, cortul se încălzește cu aeroterme, cu rezistențe electrice sau radianți cu gaze, asigurîndu-se la interior o temperatură de +10°C.

De asemenea, la 2...3 m de groapă, se instalează un alt cort, în care se prepară masa izolantă de cablu. Aci sînt depozitate și alte materiale care necesită o protecție deosebită împotriva apei, a prafului etc. Astfel de materiale sînt : rolele de hîrtie impregnată, masa de cablu etc.

Pentru a se evita solicitări la tracțiune în gulerele manșoanelor, axa acestora și axa capetelor cablului se deplasează, față de axa șanțurilor cu 0,5...1 m (v. fig. 8.34). Capetele cablurilor, care se înnădesc, se suprapun pe o lungime de circa 0,5 mm ; se însemnează mijlocul manșonului, apoi se taie lungimile de capăt prea mari și se înlătură.

Pentru desfacerea capetelor de cabluri, se execută îndepărtarea succesivă a straturilor de protecție — iuta impregnată, benzile metalice de protecție mecanică, straturile de iută și hîrtie asfaltată, mantaua de plumb, brîul izolator și izolația pe conductoarele de fază. Lungimea l de pe care se desfac învelișurile (fig. 8.35) este egală cu jumătatea lungimii interioare a manșonului. Pe o lungime K egală cu 15 mm se păstrează toate straturile pînă la benzile metalice, inclusiv. Acest lucru este necesar pentru legarea la pămînt a benzilor și a mantalei de plumb. Lungimea acestei porțiuni este de 15 mm. Pe lungimea a se păstrează

toate straturile pînă la mantaua de plumb, inclusiv. Pe această porțiune se păstrează și se lipește conductorul de punere la pămînt a mantalei de plumb. Lungimea acestei porțiuni este de la 45 la 75 mm, pentru cablurile de joasă tensiune și de 85...100 mm, pentru cablurile de înaltă tensiune. Pe porțiunea *b* cu o lungime de 10 mm se păstrează stratu-

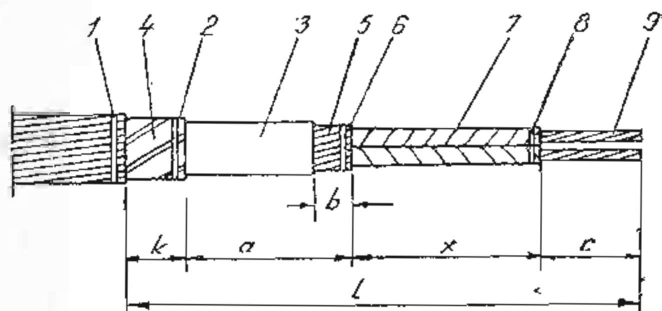


Fig. 8.35. Desfacerea capătului de cablu, în vederea operației de sudare:

1 — matisaj de sîrmă de oțel galvanizat, strîngînd învelișul de iută asfaltată; 2 — matisaj de sîrmă de oțel galvanizat, strîngînd benzile metalice; 3 — manta de plumb; 4 — benzi metalice de oțel; 5 — brîu izolator de hîrtie impregnată; 6 — matisaj de sfoară impregnată, strîngînd brîul izolator ca să nu se desfacă; 7 — izolația de hîrtie de pe conductoare; 8 — matisaj de sfoară impregnată, strîngînd izolația de hîrtie de pe conductoare; 9 — vine conductoare.

rile pînă la brîul izolator. Mantaua de plumb de pe această porțiune se îndepărtează înaintea închiderii cutiei manșonului. Pe lungimea *x* se curbează conductoarele. Pe această porțiune se păstrează izolația de hîrtie. Partea de conductoare, fără nici o izolație, urmează să intre în clema de legătură și are lungimea egală cu jumătate din lungimea clemei utilizate + 10 mm.

Operațiile care se execută la desfacerea capetelor de cablu sînt:

— așezarea în șanțul pregătit a părții inferioare a manșonului, pe poziția de montaj;

— așezarea peste aceasta a capetelor de cablu, deviate așa cum s-a arătat în figura 8.34;

— însemnarea mijlocului manșonului pe ambele capete ale cablului. De la aceste semne, capetele tăiate se îndepărtează, verificîndu-se încă o dată, de această dată așezate exact cap la cap, în prelungire;

— se însemnă lungimea *l*, care este egală cu jumătatea lungimii spațiului interior al manșonului, care reprezintă partea din cablu, aflată după montaj, în interiorul manșonului (fig. 8.36,*a*);

— se matisează cu sîrmă zincată de oțel de 1,5 mm, circa 10 spire legate strîns pentru a fixa iuta impregnată (v. fig. 8.35);

— se îndepărtează succesiv straturile începînd cu iuta impregnată, de la matisaj și pînă la capătul tăiat al cablului;

— la distanța *k* de matisaj, se crestează cu o pilă triunghiulară benzile metalice, care apoi se rup și se îndepărtează pînă la capătul cablului, lăsînd să se vadă straturile de iută sau hîrtie asfaltată de pe brîul izolator. Se va efectua cu grijă operația de crestare, pentru a nu

atinge mantaua de plumb. Se matisează cu sîrmă zincată capetele benzilor, pentru a nu se desfășura mai departe (v. fig. 8.35) ;

— se îndepărtează straturile de hîrtie asfaltată de pe mantaua de plumb, utilizîndu-se o lampă de benzină, cu care se va încălzi această porțiune, pentru înmuierea asfaltului, cu care este impregnată hîrtia.

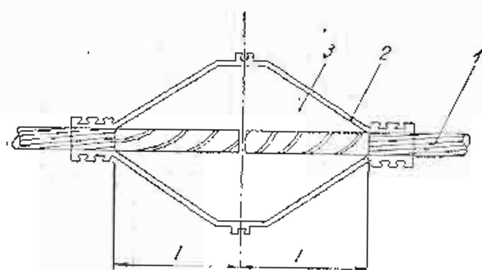


Fig. 8.36, *a*. Partea inferioară a manșonului, cu cele două capete de cabluri așezate, pentru a se însemna lungimea *l*, de pe care urmează a se tăia și îndepărta iuta asfaltată :

1 — capetele de cablu ; 2 — partea inferioară a manșonului ; 3 — spațiul interior al manșonului.

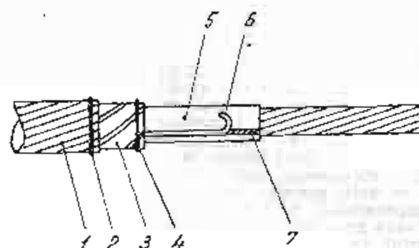


Fig. 8.36, *b*. Îndepărtarea mantalei de plumb de pe cablu :

1 — iuta asfaltată ; 2 ; 4 — matisaj din sîrmă de oțel galvanizată ; 3 — benzile de oțel ; 5 — manta de plumb ; 6 — fîșia de manta de plumb de 10 mm lățime, ridicată cu cleștele patent ; 7 — brîul izolator rămas sub mantaua de plumb.

Se desfășoară stratul de hîrtie pînă la tăietura benzilor metalice și se taie cu grijă pentru a nu atinge mantaua de plumb. Se spală apoi cu benzină mantaua de plumb, degresînd-o de asfaltul rămas ;

— la distanța *a*, de la locul de tăiere al benzilor (v. fig. 8.35), se însemnă pe mantaua de plumb locul de la care aceasta se va îndepărta. Cu un cuțit se va face o crestătură circulară în jurul cablului, la limita porțiunii $c + x$, de la capătul cablului fără însă a străpunge toată grosimea mantalei de plumb, pentru a nu atinge și brîul izolator aflat dedesubt. Se fac apoi, cu aceeași precauție și două crestături longitudinale, la distanța de 10 mm una de alta, de-a lungul porțiunii de manta de plumb, ce urmează a se îndepărta de la crestătura transversală circulară pînă la cap. Se prinde capătul acestei fîșii *6* de 10 mm, cu un clește patent și se îndepărtează pînă la crestătura transversală. În spațiul rămas, după îndepărtarea fîșiei, se vede brîul izolator de sub mantaua de plumb (v. fig. 8.36,*b*).

— se apucă cu mîna mantaua de plumb, de la această crestătură longitudinală și se smulge de peste brîul izolator, rupîndu-se de la crestătura transversală ;

— se curăță cu pila, eventualele asperități, rămase la mantaua de plumb la tăietura circulară, după care se bate cu un ciocan de lemn, de jur împrejurul capătului de cablu, pentru a presa marginea rămasă a mantalei de plumb, peste brîul izolator ;

— se îndepărtează apoi, pe porțiunea rămasă a capătului de cablu, brîul izolator și hîrtia de sfoară impregnată de umplutură. Brîul izolator nu se poate debobina, pentru că este ținut strîns de mantaua de plumb. La tăierea benzilor de hîrtie impregnată ale brîului izolator, ce se îndepărtează, se va avea grijă să nu se atingă și izolația de hîrtie de pe conductoare ;

— se îndepărtează conductoarele și se curbează ușor, respectîndu-se raza de curbură prescrisă. Conductoarele cu secțiune mai mare de 70 mm², deci mai rigide, se fasonează cu multă atenție, pentru a nu se deteriora izolația de pe vîna conductoare, protejînd-o cu bandă lăcuită și azbest ce se vor înfășura pe toată lungimea. Se încălzește apoi cu o lampă de benzină această porțiune protejată și se curbează cu mîna sau pe șablon.

Raza minimă de curbură este de 10—12,5 ori diametrul exterior al vînei conductoare, cu stratul de izolație pe ea ;

— se îndepărtează izolația de pe capetele conductoarelor pe o lungime c + 10 mm, hîrtia tăindu-se cu atenție pentru a nu se atinge conductorul ;

— se matisează în prealabil cu sfoară subțire, izolația de hîrtie impregnată de pe conductor, pentru a opri desfacerea acesteia, mai departe.

După pregătirea capetelor conductoarelor se trece fie la înnădirea conductoarelor, fie la lipirea papucilor, care se face la montarea capetelor terminale, la care operațiile de pregătirea capătului de cablu sînt similare, ca și la manșoanele de joncțiune. P. A.

4. Înnădirea cablurilor din aluminiu

În exploatarea cablurilor, datorită încălzirii, îmbinările conductoarelor suportă variații mari de temperatură, acestea putînd atinge valori de +250°C, în cazul cablurilor cu izolația de hîrtie.

Pentru aceasta, îmbinările trebuie să corespundă unor caracteristici riguroase, mecanice și electrice. Astfel, rezistența electrică a îmbinărilor trebuie să fie mai mică, cel mult egală cu a unei bucăți de conductor de lungime egală cu lungimea înnădirii respective. Rezistența mecanică a îmbinării nu trebuie să aibă o valoare mai mică decît 70% din rezistența conductorului utilizat.

Îmbinările conductoarelor de aluminiu pun probleme deosebite, față de cele ale conductoarelor de cupru. Acestea se datoresc în cea mai mare parte peliculei de oxid de aluminiu ce se formează imediat ce conductorul de aluminiu ia contact cu aerul ; pelicula este foarte rezistentă și foarte aderentă. Această peliculă împiedică realizarea unui bun contact electric, la îmbinarea prin sudură sau lipire.

Stratul de oxid se poate ușor curăța cu peria de sîrmă dar se reface imediat în contact cu aerul și nu aderă la alte metale, la o temperatură

mai mică decît cea de topire a aluminiului (658°C). Oxidul de aluminiu care are o temperatură foarte ridicată de topire (2 050°C) este încă în stare solidă, la temperatura de topire a aluminiului. Avînd și o greutate specifică mai mare, el se amestecă cu aluminiul la îmbinare prin topire și, datorită rezistenței sale electrice superioare, înrăutățește conductibilitatea legăturii.

Oxidul de aluminiu de pe conductoare lipite la papuci se poate îndepărta pe cale mecanică — prin curățire cu peria de sîrmă sau pe cale chimică — prin ungerea conductorului cu pastă de lipit. În cazul îmbinării conductoarelor prin sudare, îndepărtarea oxidului de aluminiu și protejarea conductorului împotriva oxidării se face cu fondanți. Fondanții FP și ICM sînt amestecuri de cloruri și fluoruri de metale alcaline. Sub acțiunea acestora, oxidul de aluminiu se desface de pe conductor și amestecîndu-se dau împreună o zgură care se ridică la suprafața masei topite și împiedică pătrunderea la interior a oxigenului.

Fondantul FP este un amestec de : 10% clorură de sodiu, 38% clorură de potasiu, 48% clorură de bariu, 4% fluorură de calciu.

Fondantul ICM este un amestec de 30% clorură de sodiu, 20% fluorură de sodiu, 10% fluorură de potasiu, 40% fluorură de litiu.

Fondanții fiind higroscopici se păstrează în vase de sticlă închise ermetic, cu dop de sticlă. Înainte de folosire, fondanții se dizolvă în apă — 100 g fondant la 40...50 g apă — obținîndu-se o pastă densă.

La operația de îmbinare prin sudare, datorită încălzirii puternice a locului de îmbinare (pentru a se putea ajunge la temperatura de topire

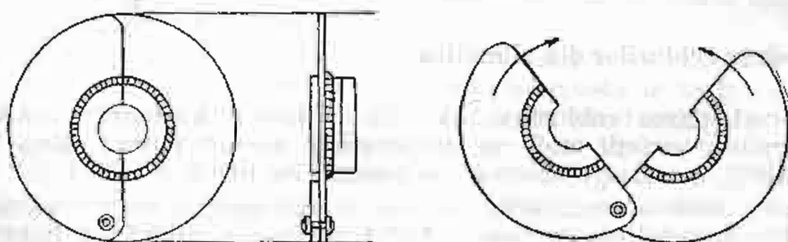


Fig. 8.37. Ecran de protecție.

a aluminiului) este necesar a se proteja izolația de pe vinele conductoare, pentru a nu se deteriora. Acest lucru se realizează prin :

— reducerea la minimum a duratei operației de sudare ;

— protejarea părților izolate ale conductoarelor cu ecrane metalice de protecție (fig. 8.37) ;

— preluarea căldurii degajate, cu ajutorul cleștilor speciali de răcire, și eliminarea ei în spațiu (fig. 8.38).

Metodele de îmbinare a conductoarelor se împart în două mari grupe caracteristice : înnădirea prin sudare ; înnădirea prin lipire. Do-

meniul de aplicare a metodelor de executare a îmbinărilor și montării papucilor de cablu sînt arătate în tabela 8.4.

a. **Îmbinarea conductoarelor de aluminiu prin lipire.** La lipire, caracteristic este faptul că numai materialul ajutător este adăugat în stare topită, materialul conductoarelor ce se lipesc, rămînînd în stare solidă.

Pentru lipirea conductoarelor există mai multe metode :

— lipirea cu flacără ;

— lipirea prin turnare ;

— metalizarea fir cu fir și lipirea în mănunchi a conductoarelor.

Lipirea se execută în două etape : metalizarea și lipirea la un loc a capetelor conductoarelor și lipirea propriu-zisă.

Metalizarea se execută fir cu fir. Capetele conductoarelor, cu izolația de hîrtie îndepărtată, se spală cu neofalină, degresîndu-se. Sîrmele din conductor, aflate în straturi concentrice, se desfac și se îndoaie în formă de rozetă (fig. 8.39). Sîrmele astfel desfăcute se curăță bine cu neofalină sau alcool și apoi cu perie de

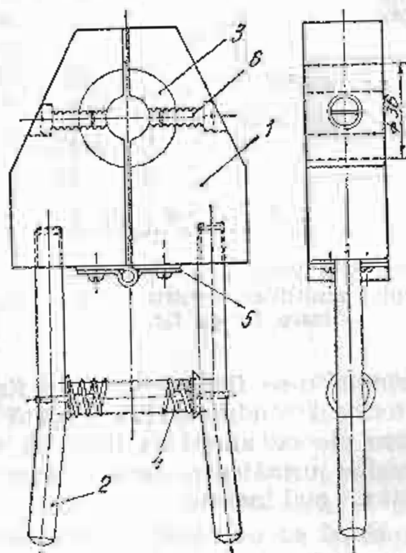


Fig. 8.38. Cleşte de răcire :
1 — sabot ; 2 — mîner ; 3 — boc ; 4 — resort ; 5 — balama ; 6 — șurub fixare boc.

Tabela 8.4

Domeniul de aplicare a metodelor de innădire și montare a papucilor la conductoare de cupru și aluminiu la cabluri de 1...35 kV

Tipul cablurilor	Metode de innădire	Metode de montarea papucilor
Cabluri de toate tipurile, cu conductoare de cupru și tensiuni de 1...10 kV	— lipire, cu cleme de legătură	— lipire
Cabluri de toate tipurile, cu conductoare de aluminiu și tensiuni de 1...10 kV	— lipire, cu metalizare ; — sudare oxiacetilenică ; — sudare electrică	— lipire, cu metalizare — sudare oxiacetilenică — sudare electrică
Cabluri de toate tipurile, cu conductoare de cupru și tensiuni de 15...35 kV	— lipire, cu cleme de legătură	— lipire

sîrmă. Izolația de hîrtie a conductorului se protejează, înfășurîndu-se strîns cu bandă lăcuită, peste care apoi se înfășoară strîns un strat de sfoară de azbest, peste care se montează ecrane de protecție.

Cu ajutorul unei lămpi cu benzină, se încălzește fiecare fir pînă la o temperatură de circa 380°C. În acest timp se freacă suprafața firului de conductor cu o vergea de aliaj pentru metalizare, din aluminiu și zinc, pînă ce pe suprafața firului s-a depus un strat de aliaj. Pentru uniformizarea stratului și îndepărtarea stratului de oxid de aluminiu, se freacă în cele din urmă și cu o perie de sîrmă.

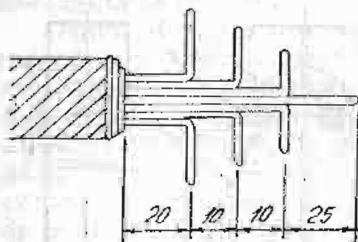


Fig. 8.39. Pregătirea conductorului multifilar, pentru metalizare fir cu fir.

Îndepărtîndu-se apoi firele, se continuă metalizarea în același mod, de jur împrejurul fiecărui fir, care în final trebuie să fie complet acoperit pe porțiunea c cu aliaj (v. fig. 8.35).

Se reface apoi capătul de conductor, strîngîndu-se fiecare strat de fire la un loc, începînd cu cele aflate în interiorul conductorului. O dată strînse firele stratului central se lipesc între ele cu aliaje de lipit L_p 60, după care se continuă cu straturile imediat următoare, care se lipesc la rîndul lor peste sîmburele central obținut mai înainte.

După ce s-au lipit toate straturile, refăcîndu-se capătul de conductor, se procedează la fel și pentru celălalt capăt.

O dată pregătite ambele capete ce urmează a se înnădi, se introduc într-o clemă de alamă de înnădire, de tipul normal sau lung (STAS 1235-50).

Operația în continuare este similară înnădirii conductoarelor de cupru prin cleme. Aceste cleme se încălzesc cu lampa de benzină pînă la temperatura de topire a aliajului de lipit L_p 60 (circa 230°C), introducîndu-se în orificiul superior, aliaj de topit, pînă la umplerea clemei. Aliajul nu poate să se scurgă pe lîngă clemă, în izolația conductorului, deoarece în prealabil la capetele clemei au fost înfășurate strîns două straturi de sfoară de azbest.

În timp ce se toarnă aliaj de lipit, se ciocănește ușor în clemă pentru ca aliajul să pătrundă între conductor și peretele clemei, în toate spațiile goale.

După răcire, se demontează ecranele de protecție, se înlătură bandajele de azbest și se ung lipiturile cu masă de cablu, încălzită la 120—130°C.

b. **Îmbinarea conductoarelor de aluminiu prin sudare.** Pentru sudare, executată la cald prin topire sau turnare, cu sau fără material de adaos, se topește în această zonă materialul conductoarelor. Prin îmbinări sudate se realizează un contact electric și mecanic foarte bun.

Sudarea conductoarelor de aluminiu cu flacără oxiacetilenică, este metoda de îmbinare a conductoarelor de aluminiu, prin care, cu ajutorul flăcării oxiacetilenice, capetele conductoarelor ce urmează a se îmbina se încălzesc, topindu-se. În locul de îmbinare se completează apoi cu material de același fel, astfel încît la răcire se obține un conductor continuu, cu calități electrice și mecanice asemănătoare conductoarelor ce s-au înnădit.

Există mai multe metode de sudare cu flacără oxiacetilenică a conductoarelor de aluminiu și anume :

— sudarea în formă deschisă, fără masivizare ;

— sudarea în formă deschisă, cu topirea la un loc a capetelor conductoarelor ;

— sudarea în formă închisă ;

— sudarea prin turnare ;

— sudarea papucilor de cablu cu tije, cu teacă ;

— sudarea electrică prin rezistență de contact.

Sudarea în formă deschisă, fără masivizare. La capetele conductoarelor desizolate, se resfiră conductoarele, spălîndu-se cu alcool sau neofalină, după care se curăță cu perie de sîrmă și apoi se răsucesc la loc.

După aceasta, capetele se taie în pană și se așază într-o formă semirotundă, din tablă sau țeavă de oțel tăiată longitudinal, unsă în prealabil cu o emulsie de grafit și alcool sau cu humă, pentru a se împiedica lipirea formei de conductor, la sudare.

Izolația de hîrtie de pe vinele conductoare se protejează în dreapta și stînga formei, cu bandă lăcuită și azbest, înfășurate strîns peste izolație.

Apoi se montează, într-o parte și în alta a formei, ecranele metalice de protecție. Capetele conductoarelor se ung cu pastă de fondant și se strîng de formă cu sîrmă (fig. 8.40).

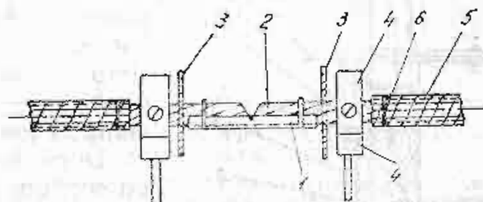


Fig. 8.40. Sudarea în formă deschisă a conductoarelor de aluminiu :

1 — forma ; 2 — conductoare cu capetele tăiate în forma de V ; 3 — ecran de protecție ; 4 — clește de răcire ; 5 — vinele conductoare cu izolația de hîrtie impregnată, matisată ; 6 — matisaj de sfoară impregnată pentru ca să nu permită desfacerea izolației de hîrtie tăiată ; 7 — bandaje de sîrmă fixînd forma strîns pe conductor.

Materialul de completare se decapează, se degresează și se curăță cu peria de sîrmă, după care se unge cu pastă de fondant.

În continuare, se încălzesc capetele conductoarelor aflate în formă și apoi forma, cu flacără oxiacetilenică, după care cu vergeaua de material de adaos topit, se sudează capetele conductoarelor. Durata operației nu trebuie să depășească 2 minute, depinzînd de secțiunea conductorului. La conductoare de 70 mm², după terminarea sudurii se montează imediat clești de răcire ;

în acest scop, într-o parte și alta a formei, se lasă cîte 30 mm conductor liber, de care se prinde clapete de răcire, care primește căldura, prin contact cu suprafața conductorului din acest spațiu.

După răcire, se scot cleștii și ecranele de protecție și se prelucrează sudura cu o pilă, netezindu-se asperitățile rămase.

Sudarea în formă deschisă cu topirea la un loc a capetelor conductoarelor și masivizarea lor. Capetele conductoarelor multifilare se desizolează pe o anumită lungime, se desfac și se curăță cu neofalină și peria de sîrmă, după care se răsucesc la loc.

După protejarea izolației executată ca și la cealaltă metodă, pe capătul conductorului uns cu fondant, așezat în poziție verticală, se introduce o bucată de țeavă cu diametrul interior corespunzător, constituind forma de turnare. Aceasta a fost în prealabil unsă cu emulsie de grafit la partea interioară, pentru a nu se lipi de conductor.

În imediata apropiere a formei, se înfășoară pe conductor sfoară de azbest, pentru a împiedica scurgerea materialului topit în izolație, pe lîngă vîna conductoare. Sub acest bandaj de azbest se montează ecranul de protecție (fig. 8.41).

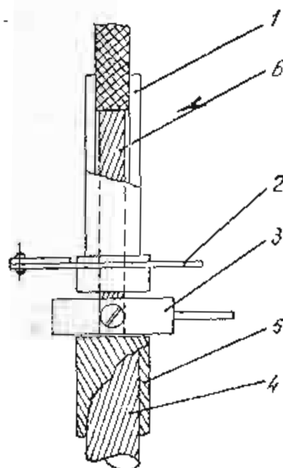


Fig. 8.41. Masivizarea capătului de conductor: 1 — forma din țeavă de oțel; 2 — ecran de protecție; 3 — clește de răcire; 4 — izolație de hîrtie de pe conductor; 5 — bandă de azbest de protecție; 6 — conductor.

Apoi se încălzește forma la partea ei superioară, pînă cînd conductorul se topește pe o lungime de pînă la 20 mm, amestecîndu-se tot timpul cu o sîrmă de oțel, pentru ca zgura formată la topirea aluminiului, sub acțiunea pastei de fondant, cu care s-a uns capătul de conductor, să se ridice la suprafață. În acest timp, se adaugă material de adaos, degresat și el și uns cu fondant, pînă ce topitura umple complet țeava (forma).

După încetarea încălzirii, pe conductoarele cu secțiuni mai mari de 50 mm², se montează clește de răcire. După răcire, capetele se degresează și se prelucrează cu pila.

Capetele astfel obținute se bandajează cu sfoară de azbest (fig. 8.42,*a*) și se așază într-o altă formă deschisă (fig. 8.42, *b*), ca cea descrisă la metoda precedentă, fixată pe conductor cu sîrmă. Forma a fost în prealabil unsă cu emulsie de grafit și lăsată să se usuce. Între conductoare se păstrează o distanță egală cu jumătate din diametrul d al conductorului.

La metodele sudării cu formă deschisă calitatea îmbinării este superioară, operația fiind perfect controlabilă tot timpul, prin observarea cu ochiul liber.

Sudarea în formă închisă. Operațiile pregătitoare sînt similare primelor două metode.

După pregătirea capetelor și protejarea izolației conductoarelor, pentru etanșarea formei de sudare, se execută pe conductoare, două înfășurări de sfoară de azbest, care împiedică scurgerea materialului topit din formă, pe lîngă conductoare (fig. 8.43).

Peste aceste înfășurări se montează ecranele de protecție și forma de sudare, alcătuită din două părți. În prealabil, capetele conductoarelor au fost unse cu o pastă de fondant, iar forma a fost tratată la interior cu emulsie de grafit. În continuare forma se încălzește cu o flacără oxiacetilenică, după care prin pîlnia formei se introduce vergeaua de material de adaos, degresată, curățată cu peria de sîrmă și unsă cu pastă de fondant.

După topirea materialelor și umplerea formei se amestecă cu o sîrmă de oțel în interiorul formei, pentru a omogeniza materialul din sudură și pentru a face ca zgura să se adune la suprafață.

După încetarea operației, se pun cleștii de răcire, cînd este cazul, se lasă să se răcească și apoi se degajează sudura și se prelucrează cu pila.

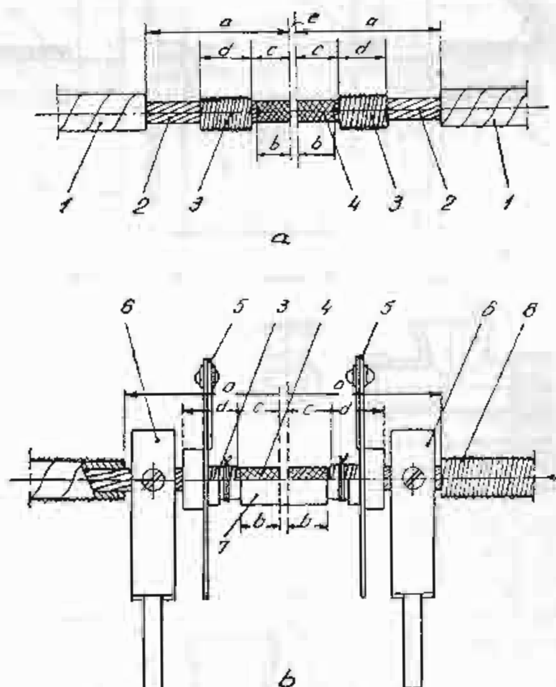


Fig. 8.42. Sudarea în formă deschisă, cu masivizarea prealabilă :

a — conductoare pregătite pentru sudare ; *b* — ansamblu formei și dispozitivele anexă : 1 — izolația de hîrtie de pe conductor (matisată) ; 2 — conductorul desizolat ; 3 — înfășurarea de azbest, etanșînd forma pentru a nu se scurge metalul topit ; 4 — capătul de conductor masivizat în prealabil ; 5 — ecranul de protecție fixat strîns peste banda de azbest ; 6 — cleștii de răcire ; 7 — forma pentru sudarea conductoarelor (deschisă) ; 8 — înfășurarea de azbest pentru protecția izolației de hîrtie, de pe conductor.

Sudarea prin turnare. La această metodă, capetele conductoarelor pregătite ca mai înainte, unse cu fondant și introduse în forma etanșată cu sfoară de azbest, se topesc cu ajutorul aluminiului topit, ce se toarnă în forme prin pîlnia superioară (fig. 8.44).

Aluminiul, trecînd pe lîngă capetele conductoare, le încălzește și topește. Aluminiul se scurge mai departe printr-un orificiu aflat la

fundul formei, fiind colectat într-un vas de grafit. Cînd capetele sînt topite se astupă orificiul din fundul formei și aceasta se umple cu alu-

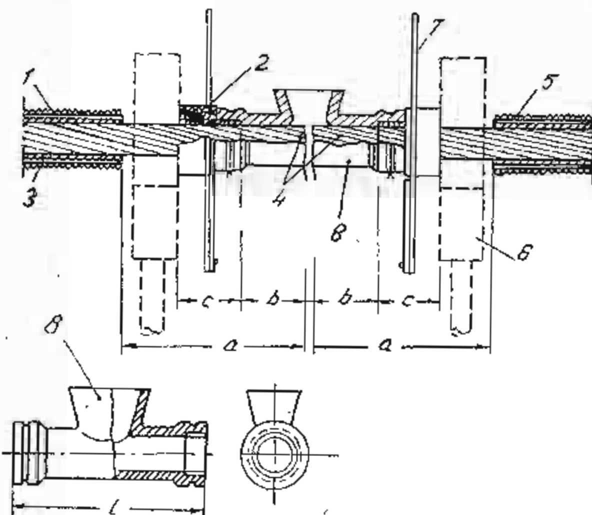


Fig. 8.43. Sudarea în formă închisă :

1 — bandaj de sfoară de azbest de peste izolația de hîrtie de pe conductor, protejînd-o împotriva deteriorării de flacără ; 2 — bandaj de azbest, etanșînd forma ; 3 — izolație de hîrtie de pe conductoare ; 4 — capătul conductorului ce se îmbină ; 5 — clești de răcire ; 6 — ecrane de protecție ; 7 — forma închisă.

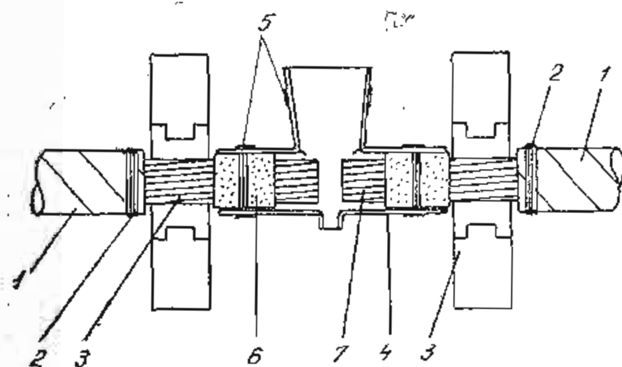


Fig. 8.44. Sudarea prin turnare :

1 — izolația din hîrtie impregnată, de pe firele conductoare ; 2 — matisaj din sfoară impregnată pentru a nu se desface banda de hîrtie impregnată ; 3 — blocuri de răcire (clești) ; 4 — formă de turnare formată din două părți ; 5 — bandaj din sîrmă, strîngînd jumătățile de formă pe conductor ; 6 — bandaj din sfoară de azbest, care etanșează forma împiedicînd scurgerea aluminiului topit, pe lîngă formă, către izolația conductoarelor ; 7 — capetele conductoare ce urmează a se îmbina.

miniu topit, amestecîndu-se cu o vergea de oțel pentru ca zgura să se adune la suprafață. Restul este asemănător celeilalte metode, descrise mai sus.

În tabelele 8.5...8.10 se dau elementele necesare alegerii dimensiunilor pentru îndepărtarea izolației și pregătirea operațiilor de lipire și sudare a conductoarelor.

Tabela 8.5

Înnădirea conductoarelor. Lungimea de desizolare

Secțiunea conductor mm²	Lungimea de desizolare: c — mm					
	Lipire conductoare cupru	Lipire conductoare aluminiu	Sudare prin turnare	Sudare electrică	Sudare oxiacetilenică	Presare
16	35	50	45	50	50	35
25	35	50	45	50	55	35
35	35	50	45	55	55	35
50	40	50	50	55	90	40
70	40	50	50	55	90	40
95	40	50	50	55	95	40
120	45	60	60	60	95	45
150	45	60	60	60	100	45
185	50	60	60	65	100	50
240	50	75	70	65	100	50

Tabela 8.6

Pregătirea conductoarelor pentru sudare (dimensiuni)

Secțiunea conductorului mm²	16	25	35	50	70	95	125	150	185	240
Diametrul conductorului, în mm	5,1	6,3	7,3	9	10,5	12,5	14	15,8	17,5	19,6
Dimensiunile, în mm										
a	55	55	55	90	90	95	95	100	100	100
b	10	10	15	15	15	20	20	20	20	20
c	15	20	20	22	22	22	22	25	25	25
d	35	35	35	25	25	25	27	30	30	30
e	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10
Observații:	Nu se folosesc clești de răcire			Nu se folosesc clești de răcire.						

Tabela 8.7

Durata operației propriu-zise de sudare, la sudarea prin turnare

Secțiunea cablurilor mm²	25—35	50—70	95—100	150—185	240
Durata operației, în secunde	10	15	20	30	35

Tabela 8.8

Secțiunea conductoarelor de punere la pămînt a mantalelor de plumb, la cabluri de 1 kV

Secțiunea conductoarelor cablurilor ce se înnădesc mm²	Secțiunea conductoarelor de punere la pămînt mm²
pînă la 50	6
de la 50 la 95	10
peste 95	16

Tabela 8.9

Lungimile mantalei de plumb și a brîului izolator din cutia terminală cilindrică

Secțiunea conductorului din cablu mm²	Lungimea mantalei de plumb și a brîului izolator ($a+b$) mm	Lungimea brîului izolator b mm
pînă la 35	20	15
între 50 și 120	25	18
de la 150 la 400	30	20

Notă: de pe lungimea b se scoate mantaua de plumb numai după pregătirea turnării masei negre de cablu, matisîndu-se cu sfoară impregnată, pentru a opri desfacerea mai departe a izolației brîului.

Tabela 8.10

Montarea papucilor

S mm²	Lungimea de desizolare: c mm					
	Lipire cupru	Lipire aluminiu	Sudare, Turnare	Sudare electrică	Sudare oxiacetilenică	Presare
16	35	50	45	55	50	35
25	35	50	45	55	55	35
35	35	50	45	55	55	35
50	40	60	50	55	90	40
70	40	60	50	60	90	40
95	40	60	50	60	95	40
120	45	60	60	65	95	45
150	45	60	60	65	100	45
185	50	60	60	70	100	50
240	50	65	70	70	100	50

c. **Montarea manșoanelor de legătură pentru cabluri de 1 kV** (fig. 8.45). După alegerea locului și lărgirea șanțului, se bătătorește fundul gropii, se sprițuiesc pereții acesteia și se acoperă cu un cort, sau nu, după caz.

La montarea mai multor cabluri paralele în același șanț, locul de așezare al manșoanelor de legătură se decalează, lăsîndu-se între manșoanele învecinate o distanță minimă de 2 m.

În interiorul clădirilor, manșoanele se așază în partea cea mai de jos a instalației.

Înainte de montare se verifică manșonul, ca dimensiune și ca integritate; el nu trebuie să aibă crăpături și trebuie să se închidă bine.

Dacă la interior are bavuri rămase de la sudare acestea se polizează sau se înlătură cu dalta și ciocanul.

Manșonul se spală cu benzină sau petrol, la interior, ștergîndu-se apoi bine cu o cîrpă.

În continuare se pregătesc capetele de cablu și se sudează sau se lipesc conductoarele. Înainte de lipirea conductoarelor se introduc pe

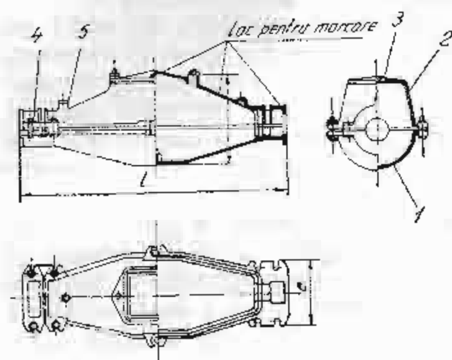


Fig. 8.45. Manșon de legătură pentru cabluri de 1 kV :

1 — partea inferioară a manșonului P ; 2 — partea superioară ; 3 — capac ce se fixează cu șuruburi ; 4 — brățară de prinderea cablului ; 5 — șurub de legarea conductorului de punere la pămînt.

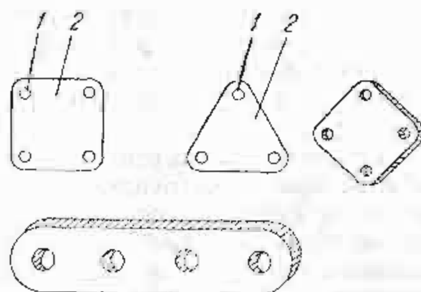


Fig. 8.46. Distanțiere din fibră pentru conductoare din cabluri folosite la manșoane de legătură :

1 — găuri de trecere pentru vine conductoare ; 2 — placă de fibre sau porțelan.

ele distanțierele (fig. 8.46) care mențin între conductoare o anumită distanță, pentru ca în cursul montării sau exploatării, acestea să nu ajungă în contact și să se scurtcircuiteze fazele.

Apoi, se lipește conductorul de punere la pămînt, pe mantaua de plumb a cablurilor. Pentru lipire cu cositor, se curăță mantaua de plumb, degresînd-o cu benzină și apoi se lipesc pe manta 3—4 spire de conductor. Secțiunea conductorului de punere la pămînt este dată în tabela 8.8.

În continuare se introduc în partea inferioară a manșonului legăturile conductoarelor sudate și se verifică așezarea lor.

Pe cablu, în gulerele de la intrarea acestuia în manșon, se înfășoară într-o parte și în cealaltă carton asfaltat, care etanșează manșonul în jurul cablului pentru a nu lăsa masa neagră să se scurgă afară.

Apoi se strîng șuruburile de prindere a bridelor de fixare a cablurilor de cutie ; se pune garnitura de sfoară impregnată în ulucul părții inferioare a manșonului și se scot, prin orificiile speciale ale părții superioare a manșonului, cele două conductoare de punere la pămînt a mantalelor de plumb. Se montează apoi jumătatea superioară a manșonului de fontă, cu capacul desfăcut.

După aceasta se pregătește masa neagră de cablu. Aceasta este livrată în cutii cilindrice. Se sparge masa în bucăți mai mici și se introduce în cazanul special de topit. Temperatura masei negre topite nu trebuie să depășească 120—130°C.

Masă neagră trebuie să fie cît mai omogenă și compactă, să nu conțină apă, să aibă un coeficient mic de dilatare, să nu atace chimic cablul. Se interzice folosirea masei negre care la topire a fiert, a aceleia care a luat foc, precum și a celei provenind din manșoane vechi.

Masa neagră se toarnă pînă la jumătatea manșonului și astfel se prind în masă legăturile conductoarelor. Se încălzește apoi în exterior, cu o lampă cu benzină, și jumătatea superioară a manșonului, turnîndu-se mai departe masa neagră pînă se umple cutia. Se pune capacul fără însă a-l strînge, pentru a lăsa aerul să iasă din manșon. Apoi se cositoresc la șuruburile speciale și între ele conductoarele de punere la pămînt.

În golul rămas prin răcirea și contractarea masei negre se mai adaugă apoi masă neagră și, cînd cutia s-a umplut, se pune capacul și se strîng definitiv toate șuruburile. În final se ung șuruburile și locurile de îmbinare cu masă neagră de cablu, în strat izolant subțire. După turnarea masei, nu se mai mișcă manșonul, pentru a nu se slăbi legăturile în interior.

d. **Montarea cutiilor terminale de joasă tensiune.** Cutiile terminale realizează închiderea etanșă a cablului la sfîrșitul traseului, acolo unde se execută legătura acestuia la un tablou, panou, capăt terminal al unei rețele aeriene etc.

Cablul se introduce în cutia montată în locul definitiv și se scoate prin partea sa superioară, însemnîndu-se lungimea necesară pînă la tabloul la care urmează a se racorda. Este recomandabil ca la intrarea în cutia terminală să fie lăsată o buclă de rezervă, colac ce se va îngropa la intrare în clădire.

Cutiile terminale se montează de obicei la intrarea în clădire, deoarece cablul îngropat în exterior se racordează la un cofret sau tablou aflat pe peretele exterior sau interior, cel mai apropiat de intrarea cablului în clădire.

Cablul se pregătește îndepărtîndu-se toate straturile pînă la izolația de pe conductoare. Apoi se curbează ușor vinele conductoare îndepărtîndu-se unele de altele (fig. 8.47).

Izolația de hîrtie se îndepărtează de pe vinele conductoare pe o lungime de 30 mm ca în figura 8.47, îndepărtîndu-se puțin firele din vina conductoare. Izolația de pe conductoare se matisează cu sfoară impregnată, acolo unde a fost tăiată, pentru a nu se desface mai departe.

După ce se fixează cu șuruburi cutia la locul său definitiv, se etanșează cu carton asfaltat intrarea cablului în cutia terminală, pentru a nu lăsa masa neagră să curgă afară din cutie. Aceasta se montează în poziție verticală.

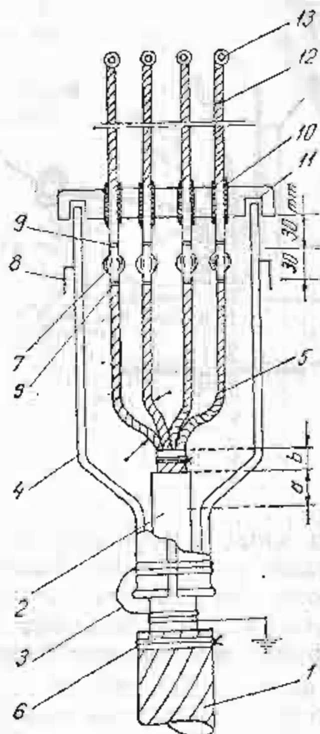


Fig. 8.47. Secțiune printr-o cutie terminală cilindrică de joasă tensiune:

1 — cablul cu toate straturile de izolație ; 2 — mantaua din plumb de pe cablu ; 3 — conductorul de punere la pămînt a mantalei de plumb și a cutiei ; 4 — cutia terminală ; 5 — vinele conductoare ale cablului cu izolație din hîrtie impregnată ; 6 — matisaj de sîrmă galvanizată din oțel, pentru menținerea izolației, din sfoară de iută impregnată ; 7 — conductoare cu firele desfăcute, pentru a pătrunde printre ele masa neagră de cablu, ca un dop, care să oprească ieșirea din cablu a uleiului ; 8 — ureche pentru fixarea cutiei la consolă ; 9 — matisaj la izolația de hîrtie din sfoară impregnată ; 10 — izolația de trecerea conductoarelor prin capac ; 11 — capacul cutiei terminale ; 12 — conductoare învelite în bandă uleiată dată cu lac izolant ; 13 — papuc de cablu.

Masa neagră de cablu se pregătește ca la manșoane și se toarnă în cutia terminală, fără a o umple complet. Apoi se montează capacul prin care au fost scoase conductoarele cu izolație de hîrtie pe ele ; se fixează capacul și izolatoarele de trecere a conductoarelor prin capac, atunci cînd acestea sînt prevăzute a trece în sus, în continuare. Se lipește cu cositor de cutie și de mantaua de plumb firul de punere la pămînt și se sudează sau se lipesc papuci la conductoarele cablului.

După aceea se înfășoară fiecare conductor, de la cutie și pînă la papuc, cu bandă uleiată, vopsindu-se apoi cu lac izolant.

Sudarea papucilor de aluminiu. Pentru racordarea cablului, la un post de transformare, la un tablou, sau pentru trecerea dintr-o linie de cablu într-o linie aeriană, este necesar a se suda la conductoarele cablului papuci, cu ajutorul cărora cablurile să poată fi racordate în instalații.

După forma papucilor de aluminiu, se disting două metode principale de sudare și anume :

— sudarea papucilor de aluminiu cu teacă.
— sudarea papucilor de aluminiu cu tijă.

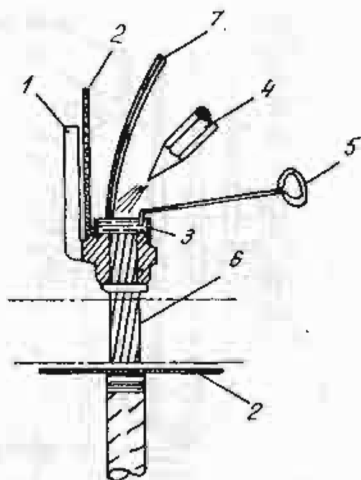


Fig. 8.48. Sudarea papucilor din aluminiu cu teacă :
1 — papuc ; 2 — ecran de protecție ; 3 — formă ; 4 — suflai ; 5 — ac de probă ; 6 — conductorul ; 7 — sîrmă de adaos.

Pentru sudarea papucilor de aluminiu cu teacă este necesar a începe operația, prin alegerea lungimii porțiunii de conductor, ce urmează a se desizola. Această lungime depinde de felul lipirii sau sudării papucului la cablu și de secțiunea conductorului, pe care urmează a se monta papucul, care este dată în tabela 8.10.

După alegerea lungimii, se însemnă pe vîna conductoare locul pînă la care trebuie îndepărtată izolația de hîrtie, apoi la acest semn se matisează cu cîteva spire de sfoară impregnată, legîndu-se strîns izolația de hîrtie pe conductor. Abia după aceea se începe a se îndepărta izolația de pe conductor.

Firele capătului de conductor se desrăsucesc pentru a putea fi mai bine degresate și se spală cu neofalină, ștergîndu-se și răsucindu-se apoi la loc.

Papucul de dimensiunea corespunzătoare se introduce pe capătul de cablu (fig. 8.48) după ce în prealabil a fost și el degresat și curățat cu peria de sîrmă, pe partea sa interioară unde urmează a se introduce capătul conductorului. Capătul conductorului se unge cu pastă de fondant, înainte de introducerea papucului, iar sub teaca papucului se așază o formă de țeavă și se înfășoară strîns cîteva spire de sfoară de azbest, protejînd conductorul și izolația sa de eventuala scurgere a materialului topit.

Apoi se încălzesc capetele conductoarelor cu o flacără, pînă încep a se topi capetele și se completează cu material de adaos, degresat și curățat cu peria de sîrmă, uns cu fondant pînă se umple golul. Durata sudării nu trebuie să depășească 1—2 minute. După terminarea sudării, se pune cleștele de răcire, în cazul cablului cu vîna conductoare cu secțiune mai mare de 50 mm^2.

Sudura papucilor cu tijă se face in două etape. Mai intii va avea loc masivizarea conductorului și apoi se trece la sudarea conductorului la tija papucului (fig. 8.49).

La lucrările de montare a cutiilor terminale trebuie să se respecte aceleași reguli ca și la manșoanele de înnădire.

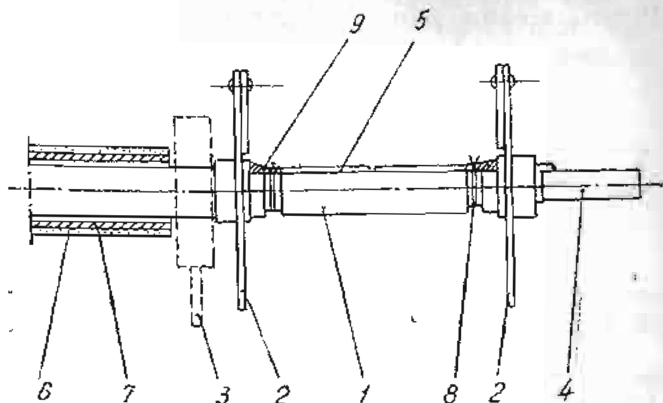


Fig. 8.49. Sudarea papucilor din aluminiu cu tijă :

1 — formă de sudare ; 2 — ecrane de protecție ; 3 — clește de răcire (dacă e cazul) ; 4 — papuc ; 5 — capătul masivizat al conductorului ; 6 — bandaj de protecție din sfoară de azbest ; 7 — izolația de hîrtie de pe conductor ; 8 — legarea cu sîrmă a formei de sudare pe înfășurarea de azbest ; 9 — înfășurarea de sfoară de azbest, etanșînd forma de sudare pentru a nu lăsa să se scurgă aluminiu topit.

La lucrările exterioare, cutiile terminale trebuie să asigure o bună izolare și etanșare. Ieșirea conductoarelor din cutie se face prin izolatoare (tile) fixate în capac.

Cutiile de exterior se fixează pe stîlpul liniei aeriene de care este prins și cablul subteran, de la ieșirea din șanț și pînă la cutie.

P. A.

5. Montarea cablurilor subterane

Așezarea cablului în poziția de funcționare, inclusiv lucrările de protejare și astupare a șanțului, constituie procesul de pozare a cablurilor.

În țara noastră se practică sistemul de pozare a cablului în pămînt, iar la unele traversări de străzi, bulevarde etc., se folosesc și tuburi din beton, prin care se introduc cablurile.

În timpul operației de pozare cablul se desfășoară după tambur, manual sau mecanic.

Pe șantier tamburele se transportă cu autocamioane și se descarcă cu o automacara sau cu ajutorul unui plan înclinat. Locul de descărcare trebuie ales cît mai aproape de locul de montare.

Șanțurile sînt săpate manual sau cu mijloace mecanice (săpătorul de șanțuri).

Pentru lucrările de traversare subterană execuția se face manual cu cormana și lopata iar în cazuri deosebite se folosește forarea orizontală.

Subtraversările de șosele și căi ferate se execută prin foraj orizontal, în care se introduce un tub de protecție din metal, prin care se trage cablul.

La derulare se folosesc role (fig. 8.50) pentru sprijinirea cablului iar cablul se trage de ciorapul metalic.

Operația principală la lucrările de pozare este săparea șanțurilor. Pentru aceasta șeful de lucrare trebuie să studieze planurile, să recunoască traseul și să facă unele sondaje pe traseu pentru a cunoaște cît mai exact obstacolele pe care le are în executarea lucrării.

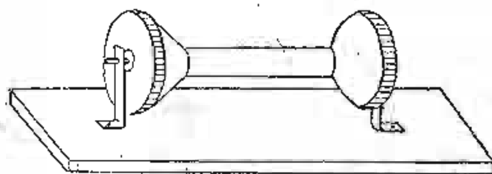


Fig. 8.50. Role pentru deplasarea cablului

După stabilirea traseului se face marcarea șanțului cu țăruși bătuți în pămînt, de care se întinde o sfoară ; se începe cu desfacerea pavajului, operație care se face manual sau mecanic.

Desfacerea se face pe o lățime de 25...30 cm mai mare decît lățimea săpăturii, pentru ca refacerea și legarea în stratul vechi să se facă pe un teren sănătos.

Săpătura se face în mod obișnuit pe trotuare iar spațiul de depozitare este limitat. Pentru aceasta se cer măsuri de organizare, pentru depozitarea materialelor rezultate de la săpătură, ca : asfalt, calupuri de piatră, nisip etc., care se așază pe o parte a șanțului iar pe cealaltă parte se depozitează pămîntul săpat.

Nisipul, cărămida, blocurile de beton, cimentul etc., necesare lucrărilor de pozare se aduc pe traseu iar locul de depozitare îl stabilește șeful de lucrare.

Cu toate că șanțurile de pozare a cablurilor se fac pînă la 1 m adîncime, totuși sînt situații cînd datorită terenului macroporic, circulației de pe străzi sau din cauza celorlalte rețele subterane, trebuie să se facă șanțuri mai adînci de 1 m și în acest caz devine obligatorie executarea lucrărilor de sprijinire a șanțurilor.

Lucrările de sprijinire sînt în funcție de natura terenului și adîncimea șanțului.

Materialele folosite la lucrările de sprijinire sînt : scînduri de brad, grinzi și popi de distanțare.

Pozarea cablurilor în pămînt. După executarea lucrărilor de săpătură se așterne un strat de nisip de circa 10 cm grosime pe care se așază cablul, peste care se așază un alt strat de nisip de aceeași grosime.

În cazul cînd sînt așezate mai multe cabluri în același șanț, trebuie să se lase o distanță între ele, care poate varia între 100 și 750 mm, în

funcție de felul cablului și tensiunea la care lucrează. Dacă nu se poate păstra distanța între cabluri trebuie să se execute pereți despărțitori din cărămidă.

Distanța între cabluri și conductele termice trebuie să fie de 500 mm iar conductele bine izolate.

Pentru derularea cablului de pe tambur se folosesc două vinciuri (fig. 8.51) și un ax, care este introdus prin mijlocul tamburului. Vinciurile se pot regla în înălțime, în funcție de diametrul tamburului, în așa fel ca la derulare tamburul să fie ridicat de la sol și să se învîrtească în jurul axei sale.

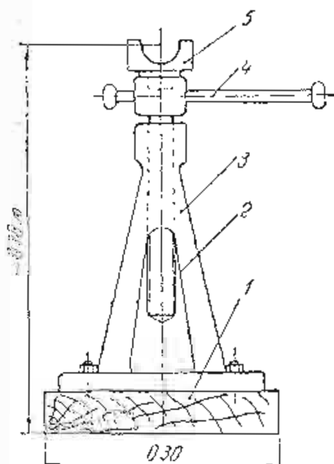


Fig. 8.51. Vinciuri pentru derularea cablului de pe tambur.

Tamburul este așezat pe vinciuri la capătul traseului iar muncitorii poartă capătul cablului înainte.

Tragerea cablului se face cu ajutorul ciorapului de tras cabluri (fig. 8.52).

O atenție deosebită în timpul pozării trebuie dată cablului, care este fragil și la care trebuie respectată raza de curbură prescrisă, care diferă în funcție de construcția cablului. De asemenea trebuie să se evite răsucirea cablului iar așezarea lui pe fundul șanțului să se facă puțin ondulat pentru a se prelua dilatațiile produse la variațiile de temperatură sau de tasările terenului. Trebuie avut grijă de a se lăsa rezerve pentru manșoanele de înnădire.

În timpul iernii temperatura minimă de pozare poate fi —5°C ; iar în cazul cînd temperatura este mai coborîtă se iau măsuri de încălzire a cablului pe tamburi. Încălzirea se poate face într-o cabină amenajată special, avînd asigurată o temperatură de 25...40°C timp de 48 ore. Se mai poate face și încălzirea electrică.

După ce cablul este pozat, peste cele două straturi de nisip se așază cărămizile de protecție, conform profilului din proiect. Dacă se pozează mai multe cabluri în același șanț, ordinea de așezare, dinspre clădire


Fig. 8.52. Ciorap de tras cablul.

spre axul drumului și de sus în jos este următoarea : cabluri de joasă tensiune, cabluri de 6...10 kV, cabluri de 30...35 kV și cabluri pentru iluminat public.

După ce cablul este montat se face proba de tensiune, cu scopul de a depista eventualele defecte la cutiile terminale și de legătură.

Proba se face la o tensiune egală cu 1,5 U (în care U este tensiunea de exploatare) timp de 20 minute. Locul defecțiunii poate fi stabilit cu ajutorul punții Wheatstone.

Pentru protecția cablurilor pozate se folosesc numai cărămizi pline așezate în plan orizontal, de-a lungul cablului, una lîngă alta. După terminarea lucrărilor de pozare a cablurilor și montarea manșoanelor se execută lucrările de astupare a șanțurilor și refacere a pavajelor. Astuparea se face în straturi de 25...30 cm ; pămîntul se bate cu maiul manual sau mecanic, după care se reface pavajul pe o lățime mai mare decît cea a șanțului, pentru a se sprijini pe pămînt sănătos iar surplusul de pămînt este îndepărtat cu mașinile.

6. Întreținerea liniilor subterane

Un cablu, după ce este pus sub tensiune, trebuie să fie controlat periodic.

În acest scop se controlează traseul pentru ca pe acesta cablul să nu fie dezgropat de echipele care lucrează eventual la montarea conductelor de apă, canal, gaze, telefoane etc. Cei care sînt însărcinați cu controlul, trebuie să raporteze dacă s-au executat săpături în apropierea cablurilor pentru a se lua măsurile necesare de protecție.

În timpul verii se controlează garniturile montate liber, pentru a se lua măsuri dacă masa izolantă a ieșit din cutie, din cauza încălzirii sau din cauza unui contact slab din interiorul cutiei.

În cazul cablurilor montate în apropierea liniilor de tramvai, de curent continuu, este necesar să se măsoare periodic diferența de potențial dintre cablu și șine. O cauză care produce defecțiuni la rețelele de cabluri este coroziunea care se produce în terenurile agresive care conțin acizi, săruri etc. De asemenea din punct de vedere al coroziunii electrochimice o importanță mare o au curenții vagabonzi. Aceștia se produc în zonele unde sînt liniile de tramvai sau linii de cale ferată electrică, alimentate cu curent continuu.

7. Măsuri de tehnica securității muncii

Înainte de începerea lucrărilor de săpături, trebuie stabilit traseul, în funcție de celelalte conducte pozate în pămînt. În locurile cu rețele electrice, apă, gaze etc., șanțurile se sapă cu mare atenție, pentru a evita deteriorări sau alte accidente.

În timpul iernii săpăturile se încep numai după ce pămîntul a fost încălzit ; pămîntul se scoate din șanțuri numai cu lopețile. Este interzisă folosirea la săpat a rângilor și a tîrnăcoapelor.

Dacă pe șanț se întîlnesc cabluri sau conducte de gaz, se anunță conducătorul lucrării, pentru a lua măsurile corespunzătoare la nevoie.

Executantul va lua măsuri de a așeza peste șanț punți de trecere pentru pietoni și vehicule ; drumurile trebuie să nu fie blocate cu materiale.

Pe timpul nopții la locurile de trecere se pun felinare aprinse.

În cazul montării unui cablu, acesta trebuie scos de sub tensiune iar în caz excepțional, cînd nu se poate scoate de sub tensiune, trebuie ca toți muncitorii să poarte mănuși și cizme de cauciuc, electroizolante.

La cutiile terminale nu se admit reparații decît după ce cablul a fost scos de sub tensiune și s-au legat la pămînt ambele capete ; pentru iluminat în timpul lucrului se vor folosi lămpi portative de 12 V.

În cazul tăierii unui cablu sau al deschiderii unui manșon, aceasta se execută în prezența maistrului ; se iau măsuri de legare la pămînt a cablului și a părții metalice a ferăstrăului. Electricianul care execută această operație este echipat cu cizme de cauciuc, mănuși de cauciuc electroizolante și ochelari de protecție și lucrează stînd cu picioarele pe un grătar de lemn.

De asemenea electricianul și ajutorul său poartă mănuși electroizolante și ochelari de protecție în tot timpul lipirii racordurilor de înnădire.

Reviziile cablurilor montate în pămînt se fac cel puțin o dată pe lună de către electricienii de întreținere.

CUPRINSUL